



Tugas Akhir - TL141584

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN LUAS AREA
MOSAIK TARGET PADA PROSES PVD TERHADAP
MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN ANTIMICROBIAL
LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂**

AIRLANGGA EKA SAPUTRA
NRP. 02511440000058

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.
Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – TL 141584

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN LUAS AREA
MOSAIK TARGET PADA PROSES PVD TERHADAP
MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN ANTIMICROBIAL
LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂**

**AIRLANGGA EKA SAPUTRA
NRP 02511440000058**

DOSEN PEMBIMBING :

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.

Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono

**Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL 141584

**ANALYSIS OF MOSAIC MATERIAL TARGET SURFACE
AREA RATIO IN PVD PROCESS ON MORPHOLOGICAL,
MECHANICAL AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES
Ag-TiO₂ THIN FILM**

**AIRLANGGA EKA SAPUTRA
NRP 02511440000058**

ADVISORS :

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.

Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono

**Department of Material Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN LUAS AREA
MOSAIK TARGET PADA PROSES PVD TERHADAP
MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN ANTIMICROBIAL
LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pada Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
AIRLANGGA EKA SAPUTRA
NRP. 02511440000058**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.T., Ph.D.(Pembimbing I)
Amaliya Rasyida, S.T., M.T., Ph.D.(Pembimbing II)
Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Yudi Atmonegoro, S.T., M.T., Ph.D.(Pembimbing III)





(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN LUAS AREA
MOSAIK TARGET PADA PROSES PVD TERHADAP
MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN ANTIMICROBIAL
LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂**

Nama : Airlangga Eka Saputra
NRP : 02511440000058
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

ABSTRAK

Material implan merupakan material yang ditanam di dalam jaringan tubuh manusia untuk tujuan tertentu. Kesterilan material implan menjadi perhatian utama dalam penggunaannya. Sudah banyak metode untuk mensterilkan material implan. Namun, tidak sedikit jumlah kegagalan seperti infeksi pada saat penggunaannya. Infeksi bakteri saat dan setelah proses implantasi pada alat medis merupakan komplikasi yang biasa terjadi pada operasi orthopedik. Stainless Steel 316L biasa digunakan sebagai bahan implan karena memiliki ketahanan korosi yang kuat, akan tetapi material ini kurang mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada permukaannya, sehingga tidak memiliki sifat antimicrobial. Oleh karena itu dibutuhkan bahan yang memiliki sifat antimicrobial untuk dilapiskan pada permukaan bahan tersebut. Pada penelitian ini, logam dengan sifat antimicrobial yaitu perak (Ag) dan titanium dioksida (TiO₂) dijadikan material target yang dipasang pada katoda dalam proses pembentukan lapisan tipis dengan metode Physical Vapour Deposition (PVD). Variasi perbandingan luas area target Ag:TiO₂ (20:80, 35:65, 50:50, 65:35) dengan metode mosaik dilakukan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap morfologi, sifat mekanik dan antimicrobial lapisan tipis. SEM-EDX, XRD, AFM, Rockwell C, dan kemampuan antimicrobial secara in vitro dilakukan untuk



karakterisasi lapisan tipis. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa pengaruh perbandingan luas area target Ag-TiO₂ menyebabkan adanya perubahan komposisi pada lapisan Ag-TiO₂. Kandungan Ag paling banyak yaitu sebesar 96,58% terdapat pada sampel dengan luas area target Ag:TiO₂ (65:35). Semakin banyak kandungan Ag pada lapisan tipis akan meningkatkan kemampuan antimicrobial dari lapisan tersebut. Sebaliknya, sifat mekanik dari lapisan tipis akan menurun seiring dengan bertambahnya kandungan Ag.

Kata kunci : *Material Implan, Antimicrobial, Lapisan Tipis, Physical Vapour Deposition, Metode Mosaik.*



**THE EFFECT OF MOSAIC MATERIAL TARGET
SURFACE AREA RATIO IN PVD PROCESS ON
MORPHOLOGICAL, MECHANICAL AND
ANTIMICROBIAL PROPERTIES Ag-TiO₂ THIN FILM**

Name : Airlangga Eka Saputra
NRP : 2511440000058
Department : Material Engineering
Advisors : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

ABSTRACT

Implant material is a material planted in the human body for a specific purpose. The sterility of implant material is the main concern. There are many methods for sterilizing implant materials. However, many failures such as infection still occurred. Bacterial infections during and after implantation of the medical device are common complications of orthopedic surgery. Stainless Steel 316L is commonly used as an implant material because it has strong corrosion resistance, but this material is less able to inhibit the growth of bacteria on its surface, so it has no antimicrobial properties. Therefore, it is necessary to coat the surface with material that has good antimicrobial properties. In this study, metals with antimicrobial properties such as silver (Ag) and titanium dioxide (TiO₂) were deposited to a thin film formation process by Physical Vapor Deposition (PVD) method. The variation of the target surface area ratio of Ag to TiO₂ (20:80, 35:65, 50:50, 65:35) by mosaic method was carried out to analyze its effect on the morfological, mechanical and antimicrobial properties of thin film. SEM-EDX, XRD, AFM, Rockwell C, and in vitro antimicrobial capabilities were performed for thin layer



characterization. In this study it has been demonstrated that the effect of the target surface area ratio of Ag-TiO₂ causes a change in the composition of the Ag-TiO₂ layer. Highest percentage of Ag content is 96,58% has obtained by sample with target surface area ratio Ag:TiO₂ (65:35). The higher content of Ag will increase the antimicrobial ability of thin film. In the other hand, mechanical properties of thin film will decrease as Ag content increases.

Keywords: *Implant Material, Antimicrobial, Thin Layer, Physical Vapor Deposition, Mosaic Method.*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Perbandingan Luas Area Mosaik Target Pada Proses PVD Terhadap Morfologi, Sifat Mekanik dan Antimicrobial Lapisan Tipis Ag-TiO₂**”.

Sholawat serta salam tidak lupa penulis haturkan keharibaan Rasulullah Mahammad SAW, keluarga serta para sahabatnya yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT. Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya
2. Kedua orang tua tercinta atas dukungan moriil, materiil dan doa yang luar biasa.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng , selaku dosen pembimbing I yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan nasihat.
5. Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono, selaku pembimbing III yang telah memberikan ilmu dan kesempatan untuk preparasi lapisan tipis Ag-TiO₂ di BATAN, Yogyakarta.
6. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan staff karyawan Departemen Teknik Material FTI ITS.
7. Pradita Kusumah W sebagai partner penulis dari awal perkuliah hingga waktu yang akhirnya.
8. Keluarga HMMT dan MT 16.
9. Redy, Adnan, Este, Odi, Redha, Treshna, Fadhli, Icod selaku sahabat satu atap penulis di Surabaya.



10. Grader Laboratorium Metalurgi yang telah menambah ilmu, wawasan dan kebahagiaan penulis pada proses perkuliahan.
11. Keluarga departemen media dan informasi HMMT FTI ITS 16/17 yang telah menambah pengalaman penulis dibidang organisasi dan telah menjadi keluarga baru penulis yang akan selalu dikenang.
12. Jajaran Badan Pengurus Harian dan Pengurus Inti HMMT FTI ITS 16/17 telah mengajarkan penulis arti dari berhimpun, diskusi hingga larut malam, dan rasanya tidur di Jurusan.
13. Ayu, Wiwin, Dita, Leo dan Ruli yang telah menerima penulis ke dalam geng saat proses kaderisasi hingga sekarang.
14. Leonardo Paulo D.P. sebagai sahabat blok U, Madiun dan partner penulis saat menjalani kerja praktik di PT. Krakatau Steel.

Dalam penulisan skripsi ini tentunya penulis menyadari banyak terdapat kekurangan yang terdapat dalam laporan ini. Baik aspek kualitas maupun aspek kuantitas dari materi penelitian yang disajikan. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak guna memperbaiki laporan ini agar menjadi lebih baik kedepannya.

Surabaya, Januari 2018

Airlangga Eka Saputra



DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | v |
| ABSTRAK..... | vii |
| ABSTRACT..... | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL..... | xix |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Manfaat kegiatan Tugas Akhir | 3 |
| TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Baja Tahan Karat Austenitik | 5 |
| 2.2 Baja Tahan Karat 316L | 6 |
| 2.3 Material Antimicrobial | 7 |
| 2.4 Perak | 7 |
| 2.5 Titanium | 9 |
| 2.6 Teknologi Deposisi Lapisan Tipis : <i>Physical Vapor Deposition</i> | 11 |



| | |
|---|----|
| 2.7 Mekanisme Inhibisi Ion Antimicrobial | 13 |
| 2.7.1 Mekanisme Inhibisi Ion Ag | 13 |
| 2.8 Aktivasi Agen <i>Antimicrobial</i> pada Perak | 17 |
| 2.9 Studi Antimicrobial pada TiO ₂ | 18 |
| 2.10 Metode Kirby-Bauer : <i>Disk Diffusion Test</i> | 19 |
| 2.11 State of the Art | 21 |
| METODOLOGI PENELITIAN | 25 |
| 3.1 Diagram Alir | 25 |
| 3. 2 Rancangan Penelitian | 27 |
| 3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian | 28 |
| 3.4 Pengujian..... | 31 |
| 3.4.1 Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX) | 31 |
| 3.4.2 Atomic Force Microscopy (AFM) | 32 |
| 3.4.3 X-Ray Diffraction (XRD)..... | 32 |
| 3.4.4 Rockwell-C Adhesion Test..... | 33 |
| 3.4.5 Pengujian Kemampuan Antimicrobial Menggunakan Metode Disk Diffusion Test | 35 |
| HASIL DAN ANALISA DATA | 37 |
| 4.1 Analisa Senyawa | 37 |
| 4.2 Analisa Komposisi | 38 |
| 4.3 Analisa Morfologi | 42 |
| 4.4 Analisa Topografi..... | 44 |
| 4.5 Analisa Adhesi | 46 |



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

| | |
|---------------------------------|------|
| 4.6 Analisa Antimicrobial | 49 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 53 |
| 5.1 Kesimpulan | 53 |
| 5.2 Saran | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA | xxi |
| LAMPIRAN..... | xxix |
| BIODATA PENULIS | xli |



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Pengaruh komposisi Ag terhadap kekasaran permukaan (Velasco, 2015)..... | 9 |
| Gambar 2.2 Diagram fasa dan ukuran kristal terhadap temperatur dari TiO ₂ . (Wu dkk, 2007)..... | 10 |
| Gambar 2.3 <i>Sputter Deposition System</i> (Khan, 1970) | 12 |
| Gambar 2.4 Proses <i>Physical Sputtering</i> (Mahan, 2000) | 13 |
| Gambar 2.5 Struktur sel <i>E.Coli</i> yang tidak ditreatment oleh Ag (Feng,dkk. 2000)..... | 14 |
| Gambar 2.6 Struktur Internal Bakteri E.Coli yang berinteraksi dengan ion Ag ⁺ : (a) Adanya electron-light region di tengah sel bakteri, (b) condensed form dari DNA di tengah electron-light region, (c) adanya jarak antara membrane sitoplasma dengan dinding sel, (d) timbul granul pada dinding sel, (e) dinding sel dipenuhi oleh granul, (e) dinding sel hancur (Feng dkk, 2000)..... | 15 |
| Gambar 2.7 <i>Disk Diffusion Test</i> (Boundless, 2016)..... | 21 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir | 26 |
| Gambar 3.2 Diagram alir subkultur bakteri dan pengujian <i>antimicrobial</i> | 27 |
| Gambar 3.3 Metode Mosaik target Ag-TiO ₂ dengan perbandingan (A) Ag 20% - TiO ₂ 80%, (B) Ag 35% - TiO ₂ 65%, (C) Ag 50% - TiO ₂ 50% dan (D) Ag 65% - TiO ₂ 35% . | 29 |
| Gambar 3.4 Alat Pengujian SEM-EDX..... | 31 |
| Gambar 3.5 Alat Pengujian AFM | 32 |
| Gambar 3.6 Alat Pengujian XRD | 33 |
| Gambar 3.7 Alat uji kekerasan Rockwell | 34 |



| | |
|--|----|
| Gambar 3. 8 Tingkat kekuatan adhesi (Heinke dkk, 1995)..... | 35 |
| Gambar 3.9 Pengujian <i>antimicrobial</i> dengan metode <i>Disk Diffusion Test</i> | 36 |
| Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD dari setiap sampel | 38 |
| Gambar 4.2 Hasil <i>color mapping</i> lapisan tipis (A) Ag ₂₀ – TiO _{2 80} , (B) Ag ₃₅ – TiO _{2 65} , (C) Ag ₅₀ – TiO _{2 50} , (D) Ag ₆₅ – TiO _{2 35} dengan menggunakan SEM EDX | 41 |
| Gambar 4.3 Morfologi permukaan dengan perbesaran 20000x pada sampel (A) Ag ₂₀ – TiO _{2 80} , (B) Ag ₃₅ – TiO _{2 65} , (C) Ag ₅₀ – TiO _{2 50} , (D) Ag ₆₅ – TiO _{2 35} dengan menggunakan SEM | 42 |
| Gambar 4.4 Topografi permukaan (A) Substrat, (B) Sampel Ag ₂₀ – TiO _{2 80} , (C) Sampel Ag ₃₅ – TiO _{2 65} , (D) Sampel Ag ₅₀ – TiO _{2 50} , (E) Sampel Ag ₆₅ – TiO _{2 35} | 46 |
| Gambar 4.5 Hasil pengujian <i>Rockwell C Adhesion Test</i> pada sampel (A) Ag ₂₀ – TiO _{2 80} , (B) Ag ₃₅ – TiO _{2 65} , (C) Ag ₅₀ – TiO _{2 50} , (D) Ag ₆₅ – TiO _{2 35} | 47 |
| Gambar 4.6 Visualisasi hasil pengujian <i>disk diffusion test</i> pada (A) substrat, (B) Ag ₂₀ – TiO _{2 80} , (C) Ag ₃₅ – TiO _{2 65} , (D) Ag ₅₀ – TiO _{2 50} , dan (E) Ag ₆₅ – TiO _{2 35} | 50 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Komposisi Kimia <i>Stainless Steel</i> 316L (Azom, 2017).. | 6 |
| Tabel 2.2 Sifat Mekanik <i>Stainless Steel</i> 316L (Azom, 2017) | 6 |
| Tabel 2.3 Zona Inhibisi Nanopartikel Perak dan Antibiotik (Chandrananth, dkk. 2014)..... | 16 |
| Tabel 3.1 Rancangan penelitian tugas akhir | 28 |
| Tabel 4.1 Hasil uji komposisi material substrat..... | 39 |
| Tabel 4.2 Hasil uji komposisi material sampel (% wt) | 39 |
| Tabel 4.3 Hasil uji lapisan tipis Ag – TiO ₂ (%At) | 40 |
| Tabel 4.4 Hasil pengukuran ketebalan lapisan tipis Ag-TiO ₂ pada sampel | 43 |
| Tabel 4.5 Nilai Sa dan Sz dari substrat dan lapisan tipis Ag-TiO ₂ | 44 |
| Tabel 4.6 Perbandingan jarak zona inhibisi | 51 |



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Steril merupakan salah satu faktor utama yang selalu diperhatikan dalam dunia kesehatan. Tingkat perkembangan bakteri merupakan salah satu taraf kebersihan pada suatu lingkungan atau benda. Bakteri merupakan salah satu ancaman bagi kesehatan makhluk hidup. Adhesi bakteri adalah penyebab utama terjadinya infeksi (Zhao, dkk. 2001). Infeksi merupakan serangan yang dilakukan patogen atau benda asing yang bersifat membahayakan tubuh inang. Umumnya infeksi hanya akan terjadi apabila bakteri sudah berada di dalam tubuh manusia. Ada dua cara bakteri untuk memasuki tubuh manusia yaitu melalui sistem pernafasan, sistem pencernaan. Pada zaman sekarang ini, benda yang dapat masuk ke tubuh manusia tidak hanya makanan. Dengan berkembangnya ilmu kesehatan, diperlukannya benda yang ditanam di dalam tubuh manusia demi membantu proses pemulihan, benda tersebut disebut sebagai material implan. Material implan akan bersentuhan langsung dengan bagian dalam tubuh manusia. Kebersihan material implan menjadi perhatian utama dalam penggunaannya. Karena jika material implan kotor, bakteri akan berkembang sehingga dapat menjadi resiko terjadinya infeksi pada tubuh pasien. Walaupun sudah mengikuti seluruh prosedur sesuai standar operasi, seperti sterilisasi perangkat medis dan preparasi kulit, infeksi tetap akan terjadi karena bakteri menempel pada perangkat tersebut (Hardes, dkk. 2007). Sehingga infeksi bakteri merupakan masalah serius dalam aplikasi biomedik (Hetrick, dkk. 2006). Oleh karena itu, jenis material yang tidak disukai oleh bakteri atau disebut material antimikroba (*antimicrobial*) mulai dikembangkan.

Material implan yang telah banyak digunakan adalah jenis logam baja tahan karat (*stainless steel*) merupakan jenis logam baja yang sering digunakan di bedah ortopedik. Salah satu baja tahan karat yang paling banyak digunakan sebagai



biomaterial adalah baja tahan karat tipe 316L, merupakan material yang paling umum digunakan untuk material implan. *Stainless steel* tipe 316L banyak digunakan karena karena keunggulannya pada ketahanan korosi, sifat fisik, sifat mekanik, dan permukaan yang mudah dibersihkan (Sutowo dkk., 2014). Tetapi bahan ini tidak memiliki sifat *antimicrobial* pada permukaannya sehingga bakteri dapat menempel pada permukaannya dan menyebabkan infeksi. Modifikasi permukaan pada peralatan medis merupakan salah satu strategi untuk menghilangkan kemungkinan infeksi yang diakibatkan oleh bakteri.

Modifikasi permukaan yang akan dilakukan oleh peneliti adalah dengan memberikan lapisan tipis pada *permukaan Stainless Steel* tipe 316L. Perak (Ag) sudah lama digunakan sebagai material *antimicrobial*, sudah ada penelitian yang menunjukkan bahwa perak mempunyai sifat antimikroba. Penelitian menggunakan perak (Ag) sebagai material lapisan tipis yang *antimicrobial* telah banyak dilakukan, namun belum banyak modifikasi komposisi seperti penambahan material *antimicrobial* lain. Salah satu logam lain yang memiliki sifat *antimicrobial* adalah Titanium Dioksida (TiO_2). Sehingga, paduan dari Ag dan TiO_2 sebagai lapisan tipis merupakan hal yang menarik untuk diteliti sebagai bahan material pelapis *antimicrobial*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh perbandingan luas area target Ag dan TiO_2 terhadap morfologi dan sifat mekanik lapisan tipis yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan luas target Ag dan TiO_2 terhadap sifat *antimicrobial*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah atau *variable* yang diabaikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah

BAB I PENDAHULUAN



1. Perubahan temperatur dalam *Chamber* PVD diabaikan.
2. Tingkat kebersihan permukaan substrat dianggap sama.
3. Jarak substrat terhadap material target dalam *Chamber* PVD dianggap sama pada setiap proses.
4. Perubahan tekanan gas Argon dalam proses PVD diabaikan.
5. Perubahan voltase DC-BIAS dalam proses PVD diabaikan.
6. Kekasaran material substrat dianggap sama.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh perbandingan luas target Ag dan TiO_2 terhadap morfologi dan sifat mekanik dari lapisan tipis yang dihasilkan.
2. Menganalisis pengaruh perbandingan luas target Ag dan TiO_2 terhadap sifat *antimicrobial*

1.5 Manfaat kegiatan Tugas Akhir

Diharapkan tugas akhir yang dilakukan dapat memberikan manfaat yang luas terhadap industri dan institusi pendidikan di tanah air. Seperti memberikan informasi ilmiah untuk perkembangan teknologi industri peralatan medis tanah air atau memberikan inspirasi dan menambah wawasan untuk mahasiswa ataupun peneliti di institusi pendidikan tanah air.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berasal dari buku, jurnal, internet, atau literatur lain tentu dibutuhkan untuk meninjau jalannya penelitian tugas akhir. Tinjauan pustaka yang mendukung adalah mengandung landasan teori dan informasi seluruh metode dan material yang digunakan pada penelitian ini. Informasi dan teori yang digunakan akan dijelaskan pada sub-bab berikut.

2.1 Baja Tahan Karat Austenitik

Stainless steel memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless steel* berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekspos pada udara yang lembab (Sumarji, 2011). Kata *stainless* (*inoxidable* dalam bahasa Perancis) sekarang sudah banyak digunakan dalam paduan besi yang mengandung *chromium* lebih dari 12%wt. Tidak lama setelah *stainless steel* ditemukan, pertumbuhan penggunaan *stainless steel* sangat cepat, dari yang dulunya mahal karena berteknologi tinggi, hingga murah dan efektif pada saat ini. Salah satu jenis *stainless steel* adalah *austenitic stainless steel*.

Austenitic stainless steel sudah dipergunakan secara luas, hampir 50% dari produk *stainless steel* merupakan tipe *austenitic*. *Austenitic stainless steel* terdiri dari paduan 18% *Chromium* dan 8% *Nickel*. Penambahan 18% Cr bertujuan untuk memperluas daerah *gamma* atau fasa *austenite*, sehingga akan lebih mudah mendapatkan fasa *austenite* pada proses pendinginan. Sedangkan penambahan *Nickel* bertujuan untuk memperbanyak jumlah persentase *austenite* pada *solution treatment temperature*. Selain itu, penambahan *nickel* juga bertujuan untuk menurunkan temperatur *martensite start* hingga temperatur ruang, sehingga akan terbentuk *austenite* yang stabil setelah proses pendinginan dari *solution-treatment temperature* ke temperatur ruang. Seiring perkembangan teknologi, sekarang *Austenitic stainless steel* sudah



dikembangkan menjadi baja tahan karat *duplex*, dimana terdiri dari fasa *austenite* yang memiliki struktur *face centered cubic* dan fasa *ferritic* yang memiliki struktur *based centered cubic* (Gorge, 1997).

2.2 Baja Tahan Karat 316L

Salah satu produk dari *stainless steel* adalah tipe 316L. Huruf “L” pada penamaan *stainless steel* mengindikasikan rendahnya kadar karbon. Kadar karbon dijaga sekitar 0.03% atau kurang (Rajendran, 1996). Stainless Steel 316 L merupakan baja *Stainlees Steel* karbon rendah dan memiliki kemampuan resistensi terhadap korosi. Stuktur *austenitic* yang ada pada baja ini memberikan *toughness* yang baik, walau digunakan pada temepnatur sangat rendah (*cryogenic*). Pada tabel 2.1 dan tabel 2.2, diketahui komposisi kimia dan sifat mekanik pada *Stainless Steel* 316 L.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Stainless Steel* 316L (Azom, 2017)

| Grade | C | Fe | Mn | Si | S | Cr | Mo | Ni |
|-------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|
| 316 | 0.03 | 62,2 | 2.0 | 0.75 | 0.03 | 18.0 | 3.0 | 14.0 |

Tabel 2.2 Sifat Mekanik *Stainless Steel* 316L (Azom, 2017)

| Grade | Tensile Strength (Mpa) min | Yield Strength (Mpa) min | Elongation (% in 50mm) min | Hardness | |
|-------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | | Rockwell B (HRB) max | Brinell (HB) max |
| 316L | 485 | 170 | 40 | 95 | 217 |

Banyak kegunaan Baja *Stainless Steel* 316L ini, karena kemampuannya yang tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk (*Machineability* yang tinggi). Contoh aplikasi baja *Stainless Steel* 316L ini adalah untuk alat memasak, *pharmaceuticals*, implan medis, dan implan orthopedic pengganti lutut (knee) atau pinggul (hip). *Stainless steel* 316L banyak digunakan karena keunggulannya pada ketahanan korosi, sifat fisik, sifat mekanik,

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dan permukaan yang mudah dibersihkan (Sutowo, dkk. 2014). Walaupun SS 316L telah dikenal memiliki sifat tahan korosi yang baik sehingga banyak digunakan sebagai bahan material *Orthopedics*, namun SS 316L tidak memiliki sifat *antimicrobial* yang berfungsi untuk menahan pertumbuhan bakteri.

2.3 Material Antimicrobial

Seiring perkembangan zaman khususnya pada dunia kesehatan. Beberapa material baru banyak ditemukan untuk menunjang kebutuhan dunia kesehatan. Beberapa ion metal sangat berperan pada proses biologi di tubuh manusia dan telah digunakan sebagai material penyembuh dari berbagai macam penyakit sejak dulu. Bangsa kuno Yunani dan Roma menggunakan sifat *antimicrobial* pada ion perak untuk melawan infeksi (Du dkk, 2007). Sifat ini sangat penting pada material yang kegunaannya ada kontak langsung dengan bagian dalam tubuh makhluk hidup yang sangat rentan terhadap infeksi bakteri. Oleh karena itu, dikembangkannya material yang memiliki sifat menahan perkembangan bakteri.

Namun, kebanyakan material *antimicrobial* tidak memenuhi kriteria dan cukup sering pada kondisi tertentu kemampuan *antimicrobial*-nya tidak signifikan. Sebagai suatu alternatif, pelapisan pada permukaan material dengan modifikasi *microtopography* dikembangkan untuk meminimalisir kegagalan *antimicrobial* pada produk. Pelapisan permukaan material dalam bidang *antimicrobial* telah banyak digunakan untuk mereduksi infeksi bakteri pada material implan. (Moerman, 2015)

2.4 Perak

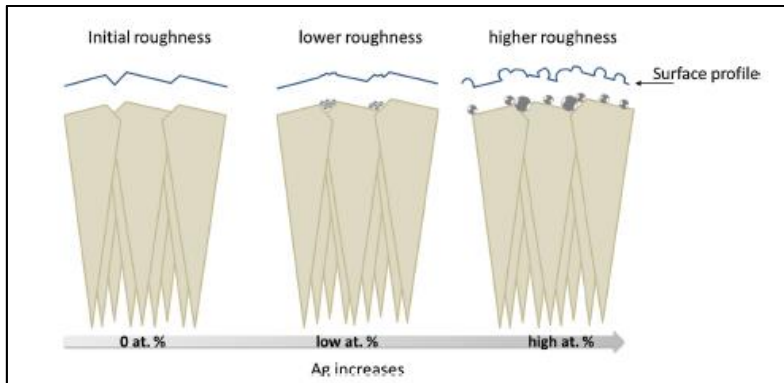
Perak adalah unsur logam dengan nomor atom 47. Simbolnya adalah Ag, dari bahasa Latin *argentum*. Perak adalah elemen kedua di kolom kesebelas dari tabel periodik. Perak diklasifikasikan sebagai logam transisi. Perak memiliki konduktivitas listrik tertinggi dari semua elemen serta konduktivitas termal tertinggi dari semua logam.



Perak merupakan *bioactive material* yang memiliki resiko terkecil dari *metal allergies*. Sifat *biological* dari perak sudah cukup terkenal. Perak mempunyai *spectrum of antimicrobial activities* yang telah digunakan untuk pelapisan dan paduan *antimicrobial*. Selain sifat *antimicrobial*-nya, ion aktif Ag^+ juga tidak beracun terhadap sel manusia (Ferreri, 2015) Penambahan sedikit Ag dapat meningkatkan sifat *antimicrobial* secara signifikan. Telah dilakukan penelitian tentang *nano Ag-Ti coatings* dengan kandungan 1%wt Ag memiliki sifat *antimicrobial* yang baik. Selain itu, AISI SS 304 dengan dilapisi 0.3wt% Ag memiliki sifat *antimicrobial* yang baik. Penambahan perak sebagai elemen paduan juga sering digunakan untuk meningkatkan sifat tahan korosi dan sifat mekanik lainnya pada aplikasi biomaterial. Perak juga memiliki sifat *in vivo biocompatibility* yang baik dan sering digunakan sebagai *dental materials* (Chen, 2015).

Telah dilakukan penelitian bahwa perak lebih aktif dalam melawan bakteri *gram-negative* dibandingkan dengan *gram-positive*. Penambahan Ag ke dalam *stainless steel* dapat dilakukan tanpa menghilangkan *physical properties*-nya. Namun, lapisan Ag di atas *stainless steel* tidak bersifat permanen, karena permukaan lapisan yang sangat tipis, dan setelah lapisan hilang sifat *antimicrobial* pada material juga hilang. Oleh karena itu, biasanya perak dipadukan dengan unsur lain untuk melapisi material (Moerman, 2015).

Ion perak yang terdeposisi ke lapisan tipis umumnya akan membentuk aglomerat dipermukaan lapisan. Aglomerat tersebut dipengaruhi oleh komposisi Ag yang terdeposisi. Semakin banyak ion perak yang terdeposisi maka akan semakin banyak aglomerat perak yang terbentuk. Aglomerat tersebut kemudian akan berpengaruh kekasaran permukaan lapisan. Hal tersebut diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengaruh komposisi Ag terhadap kekasaran permukaan (Velasco, 2015)

2.5 Titanium

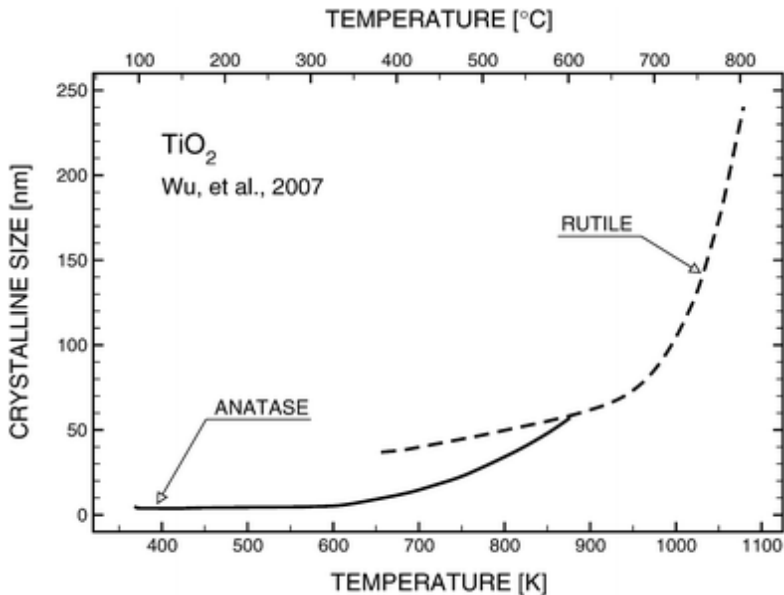
Titanium adalah elemen pertama dalam kolom keempat pada tabel periodik. Titanium diklasifikasikan sebagai logam transisi. Salah satu kualitas titanium yang paling berharga adalah rasio kekuatan dan berat yang tinggi. Ini berarti bahwa titanium adalah logam yang sangat kuat, tetapi juga sangat ringan. Titanium cukup aktif dan sangat tahan terhadap korosi dari unsur-unsur lain dan zat seperti asam dan oksigen.

Beberapa tahun terakhir, titanium dan paduannya telah banyak digunakan sebagai material dalam bidang kesehatan karena sifat tahan korosi yang baik, sifat *biocompatibility* yang baik dan sifat mekaniknya (Chen, 2015). Titanium menghasilkan sifat tahan korosi yang baik pada lingkungan biologi karena adanya permukaan oksida. Selain itu, permukaan oksida juga menghasilkan sifat tahan aus dan sifat *osseointegration* yang baik. Titanium sudah sering digunakan sebagai material biomedikal (Wojcieszak, 2016).

Walaupun Titanium sering digunakan dalam bidang biomedik, namun Ti tidak memiliki sifat *antimicrobial*. Tetapi, telah dilakukan penelitian oleh Moerman bahwa Titanium dioksida (TiO_2) memiliki sifat *antimicrobial* setelah diaktivasi dengan



menyinarkan sinar UV. Hal tersebut disebabkan karena sifat fotokatalisis yang dimiliki oleh TiO_2 .



Gambar 2.2 Diagram fasa dan ukuran kristal terhadap temperatur dari TiO_2 . (Wu dkk, 2007)

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa TiO_2 memiliki 2 fasa yaitu anatase dan rutile. Sebenarnya TiO_2 memiliki satu fasa lagi yaitu fasa brookite, namun fasa tersebut sangat jarang ditemukan. Fasa anatase merupakan fasa yang paling reaktif sehingga lebih mudah untuk melakukan fotokatalisis. Fasa anatase mulai terbentuk pada temperatur dari 200°C sampai 600°C. Sedangkan fasa rutile mulai terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi yaitu dari 600°C sampai 800°C. Semakin meningkatnya temperatur, kristalinitas dari fasa pada TiO_2 akan semakin membesar. Kristalinitas juga berpengaruh dalam proses fotokatalisis aktivasi ion TiO_2 .

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

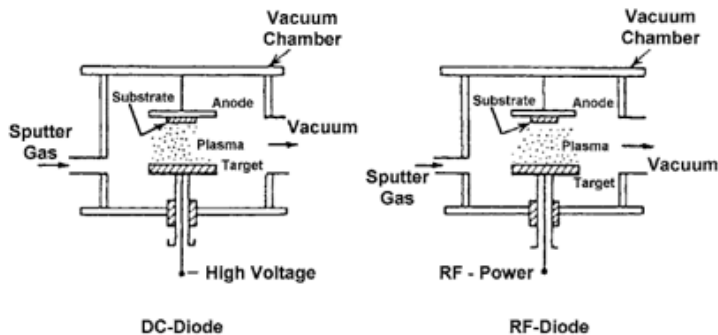


Telah diinvestigasi bahwa Titanium dioksida dapat melawan bakteri *gram-negative* dan *gram-positive*. Titanium oksida memiliki sifat *antimicrobial* yang tidak cukup baik. Hal tersebut telah dibuktikan oleh Moerman dengan penelitiannya yang menunjukkan bahwa sifat *antimicrobial* TiO_2 lebih buruk dibanding Ag, Zn dan Cu. Namun, Titanium oksida memiliki sifat mekanik yang baik dan sifat *wettability* yang baik (Wojcieszak, 2016).

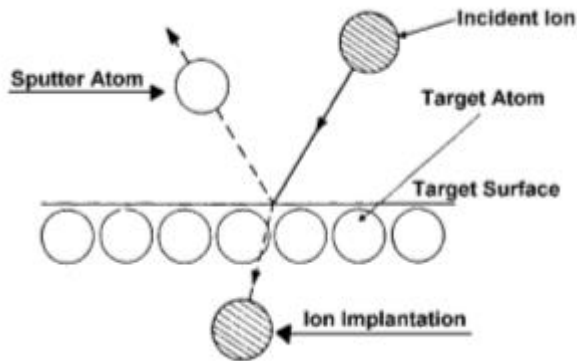
2.6 Teknologi Deposisi Lapisan Tipis : *Physical Vapor Deposition*

Chemical Vapor Deposition (CVD) dan *Physical Vapor Deposition* (PVD) adalah dua teknologi yang digunakan untuk membuat lapisan yang sangat tipis diatas substrat yang biasa disebut sebagai *Thin film*. Perbedaan utama dari CVD dan PVD adalah dari proses pengerjaannya dimana dapat dilihat dari namanya CVD menggunakan proses kimia dan PVD menggunakan proses fisika.

Proses PVD dibagi menjadi dua kategori yaitu *thermal evaporation* dan *sputtering*. Pada *thermal evaporation* terdiri dari *evaporating source material* di dalam *vacuum chamber* dan *condensing evaporated particels* di atas substrat. Mekanisme sistem *Sputter Desposition* secara umum diilustrasikan pada gambar 2.3.

Gambar 2.3 *Sputter Deposition System* (Khan, 1970)

Sedangkan metode *Sputtering* adalah ketika permukaan material padat dibombardir dengan partikel berenergi (umumnya menggunakan tegangan tinggi) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Atom di permukaan material menyebar keluar akibat tabrakan antara atom di permukaan dengan partikel berenergi. *Cathode Sputtering* biasa digunakan untuk mendeposisi lapisan tipis. Beberapa sistem *sputtering* yang digunakan untuk mendeposisi lapisan tipis yaitu *DC diode*, *RF diode*, *magnetron* dan *ion-beam sputtering*. Pada sistem *sputtering* ada dua bagian yaitu katoda dan anoda. Pada permukaan katoda diletakan material target yang akan dideposisikan dan substrat diletakan pada bagian anoda. *Sputtering chamber* diisi dengan gas *sputtering*, biasanya gas argon. Saat tegangan dan gas argon dialirkan ke dalam *chamber*, akan terbentuk plasma atau *glow discharged*. Gas argon kemudian akan terionisasi menjadi ion positif setelah menumbuk elektron bebas dari katoda dan akan memborbardir target pada katoda. Saat material target telah dibombardir, atom pada material target akan tereksitasi dan terdeposisi ke material substrat pada anoda.



Gambar 2.4 Proses *Physical Sputtering* (Mahan, 2000)

2.7 Mekanisme Inhibisi Ion Antimicrobial

2.7.1 Mekanisme Inhibisi Ion Ag

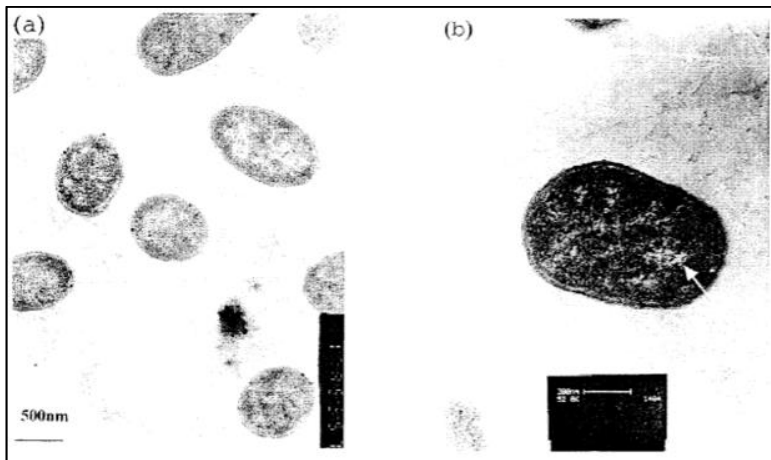
Perak sudah lama diketahui memiliki sifat *inhibitory* yang kuat dan *bactericidal effects* sebaik sifat *antimicrobial activities*-nya (Berger, 1996). Ion perak menyebabkan keluarnya ion K^+ dari suatu bakteri, sehingga plasma bakteri tersebut atau membran *cytoplasmic*, dimana itu berhubungan dengan enzim penting dan DNA, menjadi target dari ion perak. Hal tersebut telah dibuktikan dengan beberapa penelitian yang sudah dilakukan (Fuhrmann dkk, 1968). Telah terungkap bahwa perak dalam muatan oksigen dapat menghancurkan oksidasi dari mikroorganisme secara sempurna. Ketika pertumbuhan bakteri telah terhambat, ion perak terdeposit ke dalam vakuola dan dinding sel (Brown dkk, 1976). Ion perak kemudian menghambat pembelahan sel dan merusak pertumbuhan sel dan isi sel dalam bakteri (Richards dkk, 1984). DNA bakteri atau mitokondria dapat dipengaruhi oleh *reactive oxygen species* (ROS). Jadi, sifat *antimicrobial* dan *antiviral effects* dapat dilihat dari produksi ROS seperti *superoxide anion* (O_2^-), *hydroxyl radical* ($OH\cdot$) dan *singlet oxygen* (1O_2) oleh material tersebut. Pada kondisi tertentu,

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



tingkat ROS yang tinggi dapat meningkatkan *oxidative stress* di dalam membran sel, tapi juga menyebabkan kerusakan pada protein, DNA dan intraselular sistem. (Kim dkk, 2011)

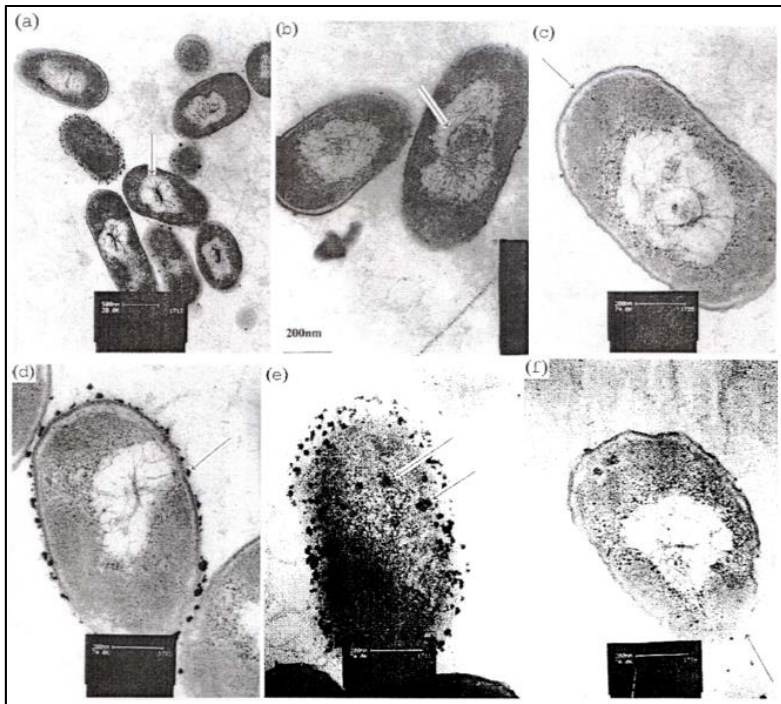
Telah dilakukan penelitian tentang perubahan morfologi dan struktur dari suatu bakteri yang dipengaruhi oleh perak yang membuktikan bahwa ion perak dapat menginhibisi pertumbuhan bakteri.



Gambar 2.5 Struktur sel *E.Coli* yang tidak ditreatment oleh Ag
(Feng,dkk. 2000)

Pada gambar 2.5 menunjukkan struktur asli bakteri *E.coli* yang tidak diberi perlakuan oleh Ag, dimana sel berada dalam kondisi normal tanpa adanya gangguan dari lingkungan luar. Gambar (b) menunjukkan bahwa molekul DNA terdistribusi acak ke hampir semua bagian dari sel.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.6 Struktur Internal Bakteri E.Coli yang berinteraksi dengan ion Ag^+ : (a) Adanya electron-light region di tengah sel bakteri, (b) condensed form dari DNA di tengah electron-light region, (c) adanya jarak antara membrane sitoplasma dengan dinding sel, (d) timbul granul pada dinding sel, (e) dinding sel dipenuhi oleh granul, (e) dinding sel hancur (Feng dkk, 2000)

Gambar 2.6 menunjukkan aktivitas atau proses penghancuran bakteri oleh ion Ag^+ . Ion Ag^+ terdeposit pada dinding sel dan membentuk granul. Granul tersebut kemudian berkembang hingga memenuhi dinding sel. Kemudian granul mengganggu proses pembelahan sel pada bakteri sehingga menyebabkan dinding sel hancur. Setelah dinding sel hancur,



granul kemudian menyerang DNA dan setelah DNA dari suatu bakteri hancur otomatis bakteri pun akan mati.

Sifat *antimicrobial* suatu material dilihat dari zona inhibisi terhadap suatu bakteri. Zona inhibisi merupakan zona dimana bakteri terhambat perkembangannya. Setiap material *antimicrobial* memiliki luas zona inhibisi yang berbeda beda, begitu pula dengan Ag.

Tabel 2.3 Zona Inhibisi Nanopartikel Perak dan Antibiotik
(Chandrakanth, dkk. 2014)

| No. | Bakteri Pathogen | Zona Inhibisi Antibiotik (mm) | Zona Inhibisi Nanopartikel Perak (mm) |
|-----|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | <i>E. Coli</i> | <i>Rifampicin</i> 12 | 18 |
| | | <i>Pipracilin</i> 10 | |
| | | <i>Ceftazidime</i> 10 | |
| 2. | <i>K. Pneumoniae</i> | <i>Ceftazidime</i> - | 19 |
| | | <i>Cephalexin</i> - | |
| | | <i>Ceftriaxone</i> - | |
| 3. | <i>Staphylococcus Aureus</i> | <i>Ampicilin</i> 12 | 18 |
| | | <i>Methicilin</i> 10 | |
| | | <i>Penicilin</i> 11 | |

Pada Tabel 2.3, Chandrakanth, dkk telah melakukan penelitian tentang perbandingan zona inhibisi dari antibiotik dengan nanopartikel perak. Dari penelitian tersebut, disimpulkan bahwa zona inhibisi dari nanopartikel perak lebih besar dibandingkan dengan zona inhibisi dari antibiotik. Pada penelitian tersebut juga disebutkan bahwa zona inhibisi standar perak terhadap *S.Aureus* adalah sebesar 12, 13 dan 14 mm dengan konsentrasi perak sebesar 20, 40 dan 60 μg , dimana nilai tersebut dijadikan acuan pada penelitian tersebut. Pertumbuhan sel *S.Aureus* akan terhambat pada konsentrasi nanopartikel perak sebesar 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$, nilai tersebut merupakan konsentrasi minimum perak untuk menghambat pertumbuhan *S.Aureus*.

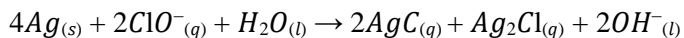
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.8 Aktivasi Agen *Antimicrobial* pada Perak

Perak memang sudah sangat terkenal memiliki sifat *antimicrobial* dan *biocompatible*. Namun, mekanisme aktivitas *antimicrobial* pada perak belum diteliti secara menyeluruh, tapi sudah dapat dipastikan bahwa ion aktif perak berperan penting pada aktivitas *antimicrobial*. Ion ini akan melekat pada molekul biologi (Protein, DNA, RNA), dan akan merusak fungsi mereka. (Feng, dkk. 2000). Ion *antimicrobial* seperti perak juga akan menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS), yang beracun untuk sel bakteri dengan menghasilkan *bactericidal effect* antara ion perak dan ROS (Lalueza, dkk. 2011). Jadi untuk mengetahui aktifitas *antimicrobial* pada lapisan perak, terjadinya ionisasi ion perak sangat penting, karena ion perak dapat mencegah adhesi pada mikrobial (Ferreri, dkk. 2015) *Sodium Hypochlorite* (NaClO) merupakan agen sterilisasi yang banyak digunakan, seperti *purification* air, *metal disinfection*, dan *sterilisation* luka. (Quin, dkk. 2002). Pada penelitian Ferreri, dkk. 2015, dilakukan aktivisasi ion perak (Ag) dengan menggunakan NaClO sebanyak 5% dengan tujuan untuk meningkatkan rasio dari oksidasi perak. Ion Ag^+ mudah untuk mengikat elektron donor dari molekul biologi seperti sulfur, oksigen, dan nitrogen, dan juga membentuk *reactive oxygen species* (ROS), dimana ROS dapat merusak sel bakteri. Jadi, untuk mengefektifkan efek *antimicrobial*, terbentuknya ion perak ke media *pathogenic* dibutuhkan.

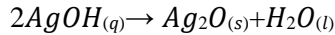
Berikut merupakan reaksi kimia antara perak dan *sodium hypochlorite* :



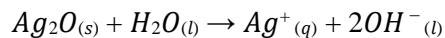
karena afinitas elektron yang besar antara perak dan larutan klorida, dimana entalpy dari AgCl ($\Delta_f H^\circ_{298} = -127.01 \text{ KJ mol}^{-1}$) lebih negatif dari Ag_2O ($\Delta_f H^\circ_{298} = -31.1 \text{ KJ mol}^{-1}$), sehingga reaksi yang dihasilkan mayoritas menghasilkan perak klorida (AgCl).



Berikut merupakan reaksi aktivasi dan ionisasi perak menggunakan komponen oksidasi :



AgOH merupakan unsur yang tidak stabil pada temperatur ruang. Jadi, pada saat aktifasi terjadi kompetitif *adsorbition* antara ion OH⁻ dan Cl⁻ pada permukaan perak, karena oksidasi dari perak didahului oleh proses adsorpsi dari ion hidroksil, sehingga perak hidroksil lebih mudah terbentuk dibandingkan perak klorida. Perak hidroksil yang terbentuk kemudian menyebabkan terbentuknya ion Ag⁺ dengan reaksi sebagai berikut :



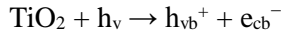
Penelitian ini menunjukkan terbentuknya oksidasi nano silver yang mana akan menginhibisi atau memperlambat pertumbuhan bakteri. Penelitian ini juga membuktikan bahwa tidak ada ikatan Ag-Cl yang terbentuk, dan hanya membentuk ikatan Ag-O. (Ferrerri, dkk. 2015)

2.9 Studi Antimicrobial pada TiO₂

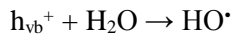
Pelapisan TiO₂ sudah banyak digunakan untuk aplikasi alat *optoelectronic*, sensor gas, dan *dental implant*. Hal tersebut dikarenakan TiO₂ telah menunjukkan sifat *antimicrobial* yang baik untuk aplikasi biomedik, dimana TiO₂ sifat tersebut didapatkan akibat aktivitas fotokatalis (Jung, dkk. 2004). Fotokatalis adalah reaksi yang melibatkan cahaya (fotoreaksi) dan mengalami peningkatan kecepatan reaksi akibat adanya katalis yang mengabsorpsi energi cahaya ultraviolet (UV) sehingga menghasilkan senyawa pereduksi dan pengoksidasi pada permukaan katalis. Sifat fotokatalisis dari TiO₂ telah banyak digunakan dalam perindustrian. TiO₂ merupakan semikonduktor yang memiliki celah pita yang luas, celah pita energi rutil adalah 3,00 eV sedangkan celah pita energi anatase adalah 3,23 eV



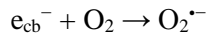
(Hoffmann dkk, 1995). Dengan menyinari TiO_2 dengan sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 385 nm, akan mengeksitasi elektron dari e_{vb}^- ke e_{cb}^- meninggalkan lubang bermuatan positif (h_{vb}^+) di e_{vb}^- dengan reaksi berikut :



h_{vb}^+ di dalam e_{vb}^- dapat mengoksidasi H_2O dan memproduksi *hydroxyl radicals* (HO^\bullet) dengan reaksi :



disaat yang sama, elektron di dalam e_{cb}^- mereduksi oksigen untuk membentuk *superoxide anions* ($\text{O}_2^{\bullet-}$) dengan reaksi :



hydroxyl radicals dan *superoxide anions* merupakan radikal bebas yang dikenal dengan *reactive oxygen species* (ROS). ROS merupakan oksidan kuat yang dapat menyebabkan kerusakan di dalam membran sel dan atau dinding sel dari bakteri. (Maness, dkk. 1999)

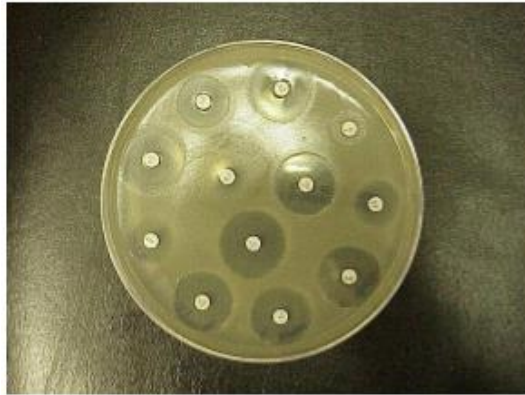
2.10 Metode Kirby-Bauer : Disk Diffusion Test

Penentuan kekebalan bakteri terhadap material *antimicrobial* merupakan hal yang penting dalam mencegah infeksi ke pasien. Walaupun banyak cara yang dapat dilakukan untuk tes kerentanan *antimicrobial*, metode Kirby-Bauer atau biasa disebut *disk diffusion test* merupakan tes yang paling banyak dilakukan (Felmingham dan Brown, 2001). Metode ini pertama dikembangkan pada tahun 1950an, kemudian metode ini diperbaiki oleh W. Kirby dan A. Bauer, lalu distandarisasi oleh *World Health Organization* pada tahun 1961. Tes ini bertujuan untuk menentukan kekebalan atau sensitivitas dari bakteri *aerob* atau *facultative anaerobes* terhadap bahan kimia tertentu, dimana tes



tersebut dapat digunakan untuk menentukan metode penyembuhan infeksi akibat bakteri (Reynolds, 2011). Metode ini merupakan metode yang rendah biaya, tinggi reproduksi, dan kombinasi obat yang dapat diubah dengan mudah. (Berke dan Tierno, 1996). (Endang dkk, 2008).

Disk Diffusion test menggunakan cawan sebagai wadah, kemudian diberikan bakteri yang ingin diujikan, bisa berupa bakteri gram-positif ataupun gram-negatif. Material atau antibiotik yang ingin diuji sifat *antimicrobial*-nya diletakan ke dalam cawan tersebut, lalu tunggu hingga waktu yang telah ditentukan. Jika disekitar sampel uji terdapat daerah jernih atau tidak ada bakteri, maka dapat dipastikan bahwa sampel memiliki sifat *antimicrobial*. Area jernih disekitar sampel ini disebut sebagai *Zone of Inhibition* atau zona inhibisi. Ada tiga jenis hasil dari pengujian ini yaitu *sensensitive, intermediate, or resistant* tergantung dari zona inhibisinya. Jika zona tersebut besar atau sama dengan ukuran standar, maka bakteri tersebut sensitif terhadap sampel. Sebaliknya, jika zona tersebut lebih kecil dari ukuran standar, maka bakteri dianggap tahan (*resistant*). Ukuran zona inhibisi pada *Disk Diffusion test* berbanding terbalik dengan minimum inhibitory concentration (MIC), yang merupakan jumlah antibiotik yang diperlukan untuk mencegah pertumbuhan bakteri. Gambar 2.7. menunjukkan contoh *disk diffusion test* (Boundless, 2016).



Gambar 2.7 *Disk Diffusion Test* (Boundless, 2016)

2.11 State of the Art

Sudah banyak penelitian tentang lapisan tipis dengan metode pelapisannya dan hubungannya terhadap sifat *antimicrobial*. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Ferreri, dkk pada tahun 2014, yang berjudul *Silver activation on thin films of Ag-ZrCN coatings for antimicrobial activity*, dimana tujuan utama dalam penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui mekanisme aktivasi dari ion Ag^+ dari perak terhadap sifat *antimicrobial*. Penelitian tersebut dilakukan pada lapisan tipis Ag-ZrCN yang dideposisi menggunakan metode *Physical vapour deposition*. Lapisan Ag-ZrCN kemudian diaktivasi menggunakan larutan NaClO 5%, dengan proses strelisasi sebelumnya menggunakan *Autoclave* dengan temperatur 112°C selama 15 menit. Uji sifat *antimicrobial* pada penelitian tersebut menggunakan metode *Disk Diffusion Test*. Pada uji tersebut dapat terlihat bahwa perbedaan antara lapisan tipis yang diberikan NaClO dengan yang tidak adalah terletak pada zona inhibisi atau daerah bening dimana pada area tersebut bakteri tidak dapat berkembang. Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa



lapisan tipis Ag perlu dilakukan proses aktivasi terlebih dahulu untuk mendapatkan sifat *antimicrobial*.

Pada tahun 2016, Shirai, dkk telah melakukan penelitian tentang efek penyinaran sinar UV terhadap sifat *antimicrobial* serbuk TiO_2 . Pada penelitian ini menjelaskan bahwa TiO_2 merupakan semikonduktor dimana *band gap* antara pita valensi dan pita konduksi sekitar 3.2eV, sehingga dengan penyinaran sinar UV dengan panjang gelombang lebih kecil dari 385 nm dapat mengeksitasi elektron pada pita valensi. Elektron yang tereksitasi kemudian dapat mengoksidasi air dan menghasilkan radikal bebas yaitu *hidroxy radicals* dan *superoxide anions*. Radikal bebas tersebut merupakan *reactive oxygen species* (ROS) yang dapat menyebabkan kerusakan pada membran sel dan dinding sel di dalam bakteri. Dari penelitian tersebut, disimpulkan bahwa TiO_2 akan terus menghasilkan radikal bebas walaupun sudah tidak disinari UV.

Pada tahun 2015, Frank Moerman telah melakukan penelitian tentang pengaruh unsur unsur lapisan tipis terhadap sifat *antimicrobial*. Pada penelitian ini, Moerman membandingkan sifat *antimicrobial* dari Ag, ZnO, CuO, TiO_2 dan WO_3 . Hasil penelitiannya yaitu bahwa urutan sifat *antimicrobial* dari yang terkuat yaitu $\text{Ag} > \text{ZnO} > \text{CuO} > \text{TiO}_2 > \text{WO}_3$, Ag merupakan unsur yang memiliki sifat *antimicrobial* terbaik dan WO_3 hampir tidak memiliki sifat *antimicrobial*. Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa TiO_2 memiliki sifat mekanik yang paling baik dari semua unsur perbandingan.

Pada tahun 2015, Wojcieszak, dkk telah melakukan penelitian tentang perbandingan sifat *antimicrobial* dari lapisan tipis Ag-Ti dan Ag-Nb dengan metode deposisi *magnetron sputtering*. Pada penelitian ini, penambahan Ti dan Nb bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dari lapisan tipis tersebut. Wojcieszak, dkk juga menuliskan bahwa penambahan perak ke dalam struktur Ti dapat membentuk senyawa intermetalik yang akan meningkatkan sifat mekanik. Hasil yang didapatkan dari

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



penelitian ini adalah Ag-Ti memiliki sifat adhesi yang lebih baik dibandingkan Ag-Nb dengan membandingkan sifat *wettability* pada permukaan lapisan tipis. Kemudian dari hasil uji *antimicrobial* terlihat bahwa baik lapisan Ag-Ti maupun Ag-Nb keduanya dapat menghasilkan daerah inhibisi yang baik.

Pada tahun 2017, Maulana Malik telah melakukan penelitian tentang pengaruh perbandingan luas area target dan tekanan gas nitrogen pada proses PVD terhadap sifat *antimicrobial* lapisan tipis Ag-Cu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa luas area target Ag-Cu akan mempengaruhi komposisi dari lapisan tipis yang terbentuk. Lapisan dengan komposisi Ag paling banyak memiliki sifat *antimicrobial* paling baik.

Memandang dari seluruh penelitian yang sudah dilakukan, penelitian tentang lapisan tipis Ag-TiO₂ dengan melakukan variasi pengaruh perbandingan luas area target pada metode *RF Sputtering Physical Vapour Deposition* terhadap sifat *antimicrobial*, sifat fisik dan sifat mekanik menjadi hal yang menarik untuk dilakukan.

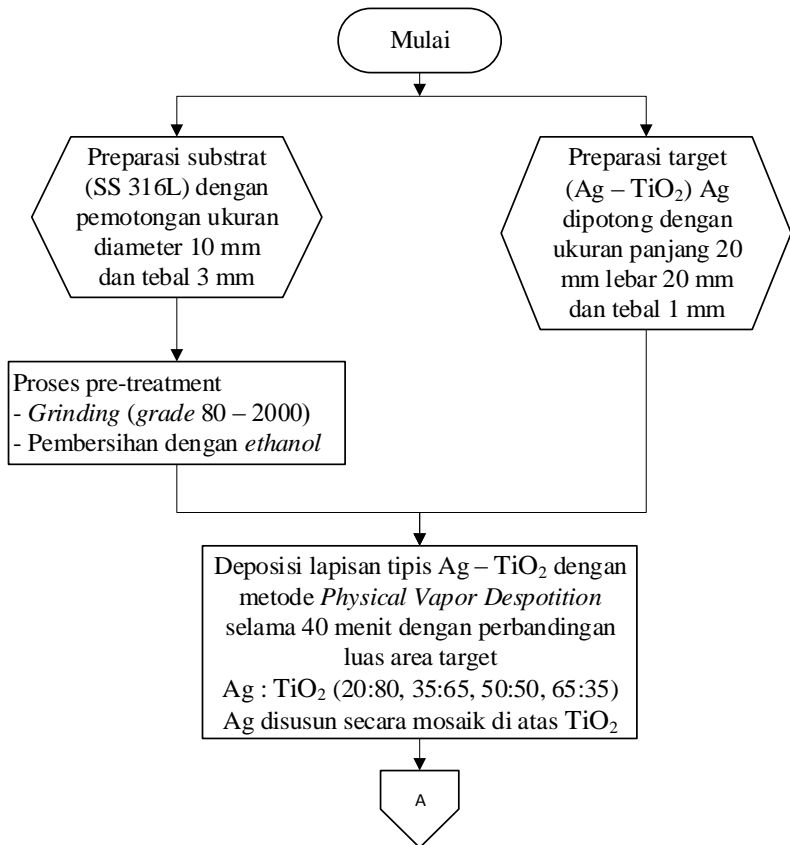


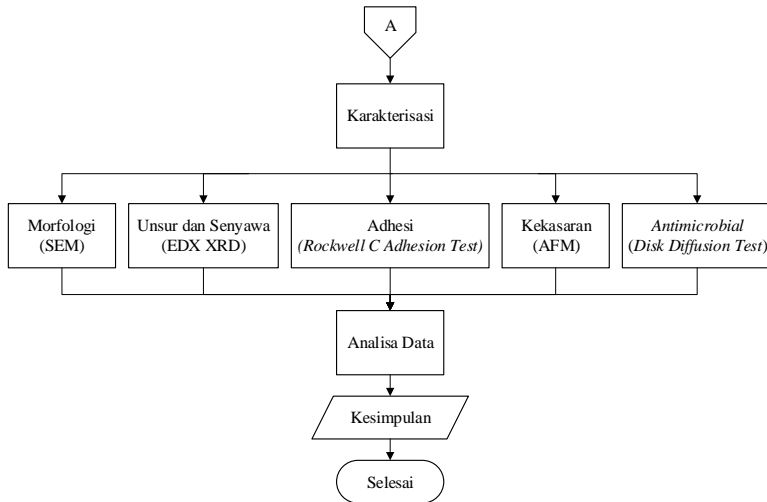
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

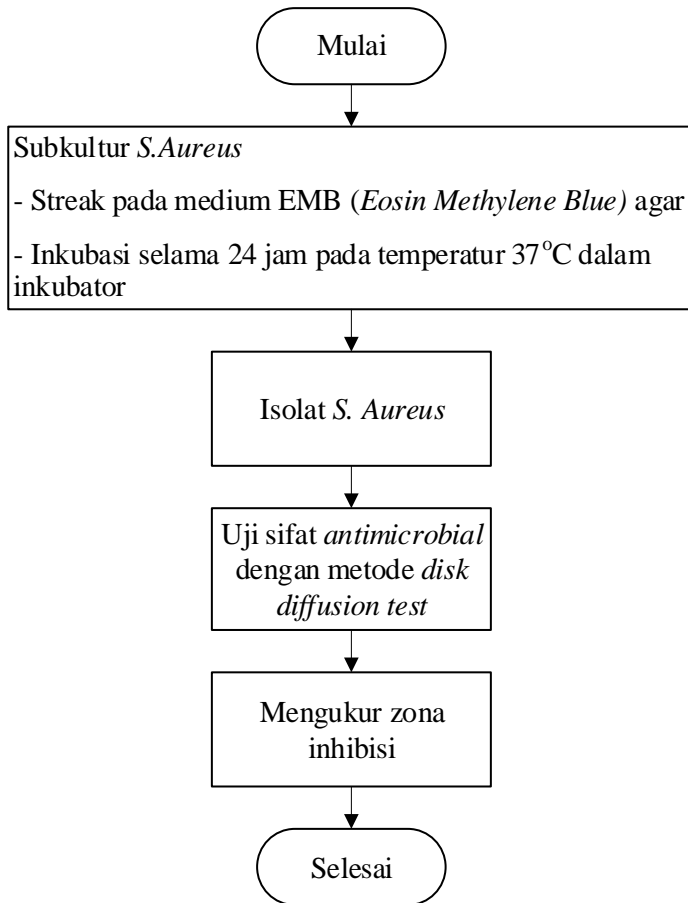
3.1 Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir untuk penelitian analisis pengaruh perbandingan luas area target terhadap sifat *antimicrobial* lapisan tipis Ag – TiO₂.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram alir subkultur bakteri dan pengujian *antimicrobial*

3. 2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1



Tabel 3.1 Rancangan penelitian tugas akhir

| No. | Perbandingan luas area target (Ag: TiO ₂) (%) | Pengujian | | | | |
|-----|--|-----------------|-----|-----|---|---|
| | | SEM - EDX | XRD | AFM | <i>Rockwell C Adhesion test</i> | <i>Anti micro bial test</i> |
| 1. | 0 : 0 | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. | 20 : 80 | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. | 35 : 65 | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. | 50 : 50 | √ | √ | √ | √ | √ |
| 4. | 65 : 35 | √ | √ | √ | √ | √ |

Pengujian tanpa merusak seperti SEM, EDX, XRD, AFM dapat dilakukan pada satu sampel yang sama, dilanjutkan dengan pengujian *microhardness test* dan *adhesi test* setelah melakukan pengujian tanpa merusak. *Antimicrobial test* dilakukan pada satu sampel yang lain karena setelah pengujian ini sampel tidak dapat digunakan kembali. Sehingga, total sampel yang digunakan sebanyak 16 sampel dan 1 sampel sebagai pembanding.

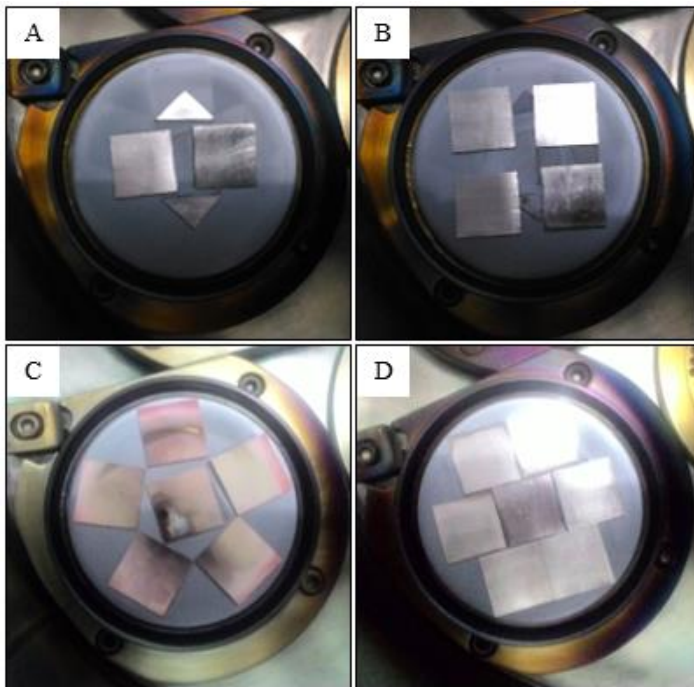
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan sumber dari buku, jurnal, literatur, dll yang digunakan sebagai acuan penelitian. Kemudian mempersiapkan alat dan bahan penelitian dengan mempertimbangkan metode yang digunakan, yaitu *Physical Vapour Deposition – RF Sputtering*. Substrat yang digunakan berupa *Stainless Steel* tipe 316L yang kemudian dipotong menggunakan *wire cut* sehingga mendapatkan dimensi dengan diameter 10 mm dan tebal 3 mm. Substrat kemudian *digrinding* dari grade 80 hingga grade 2000 untuk mendapatkan permukaan yang halus. Material target yang akan dideposisi berupa TiO₂ yang berbentuk plat dan Ag dengan dimensi panjang 20 mm

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



dan lebar 20 mm yang dipotong menggunakan *wire cut*. Material target kemudian digrinding dengan grade 80. Permukaan material substrat dan target dioles dengan *ethanol* 90% untuk membersihkan kotoran pada permukaan. Untuk mendapatkan luas target yang diinginkan, pelat Ag yang sudah dipotong menjadi beberapa bagian kemudian dihitung luasnya sehingga mendapatkan perbandingan luas material target Ag dan TiO_2 , yaitu 20:80, 35:65, 50:50 dan 65:35. Dimana plat Ag diletakan diatas plat TiO_2 seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Metode Mosaik target Ag- TiO_2 dengan perbandingan (A) Ag 20% - TiO_2 80%, (B) Ag 35% - TiO_2 65%, (C) Ag 50% - TiO_2 50% dan (D) Ag 65% - TiO_2 35%



Setelah semua alat dan bahan telah siap. Proses selanjutnya adalah Membuat lapisan tipis (*Thin Film*) Ag- TiO_2 yang berasal dari material target Ag 93 % dan TiO_2 90%. Pastikan *chamber* PVD tertutup dengan rapat sebelum melakukan *vacuum*. Ketika tekanan dalam *chamber* sudah mencapai 5 sampai 6×10^{-6} mbar, alirkan argon ke dalam *chamber* dengan tekanan argon sebesar $2,5 \times 10^{-2}$ mbar. Secara bersamaan nyalakan *RF Sputtering* dengan DC BIAS : 200 V dan *Power* : 20 W. Amati reaksi yang terjadi pada *chamber*. *Plasma* atau *glow discharge* akan terbentuk kemudian arahkan material substrat ke atas material target. Secara bertahap tingkatkan *Power* dan DC BIAS hingga sebesar 130 W dan 1000 V. Selama proses tersebut, REFP (*Reflected Power*) atau daya yang dikembalikan tidak boleh melebihi 5 W, agar mesin *RF Sputtering* tidak cepat panas, sehingga mendapatkan hasil deposisi yang maksimal. Lakukan langkah langkah tersebut untuk variasi luas area target yang lainnya.

Substrat yang sudah terdeposisi dengan Ag dan TiO_2 dilanjutkan dengan melakukan preparasi bahan untuk pengujian *in vitro* dengan metode *disk diffusion test*. Sebelum melakukan pengujian *in vitro*, sampel dipreparasi dengan mensterilkan dengan larutan alkohol lalu disinari dengan UV 30 W selama 24 jam dan kemudian direndam pada larutan NaClO 5% selama 5 menit untuk membuat mengaktifkan sifat *antimicrobial* dari Ag dan TiO_2 . Lalu sampel dibersihkan dengan aquades secukupnya. Setelah itu mengeringkan bahan uji dengan cara dianginkan.

Setelah sampel siap selanjutnya melakukan tes *in vitro* pada sampel dengan meletakkan sampel pada cawan yang sudah diberikan bakteri *S. Aureus* ditunggu selama 24 jam, lalu dilihat pengaruh sampel terhadap bakteri tersebut. Setelah itu mengukur luas area inhibisi sampel terhadap bakteri.

Sampel lainnya dikarakterisasi menggunakan SEM – EDX untuk mengetahui morfologi, XRD untuk mengetahui komposisi, dan *Rockwell-C adhesion test* untuk mengetahui kekuatan adhesi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



dari lapisan tipis Ag TiO₂. Setelah semua pengujian sudah dilakukan, selanjutnya ialah menganalisis hasil pengujian sehingga menghasilkan kesimpulan dan hasil analisis.

3.4 Pengujian

3.4.1 Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX)

Pengujian menggunakan SEM-EDX dilakukan di Departemen Teknik Material ITS menggunakan instrument Scanning Electron Microscopy (SEM) tipe FEI INSPECT 550 (gambar 3.4). pengujian ini bertujuan untuk mengetahui topografi permukaan dan unsur yang ada. Perbesaran yang digunakan pada pengujian ini 5.000 x hingga 20.000 x.

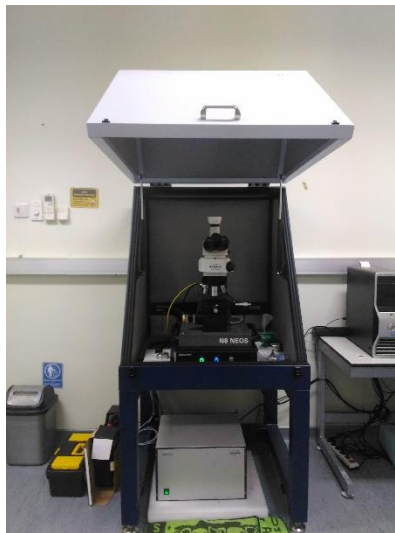


Gambar 3.4 Alat Pengujian SEM-EDX



3.4.2 Atomic Force Microscopy (AFM)

Pengujian menggunakan AFM dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (gambar 3.5). Tujuan dari dilakukannya AFM untuk mengetahui kekasaran dan topografi dalam ukuran mikro pada permukaan lapisan tipis yang terbentuk.



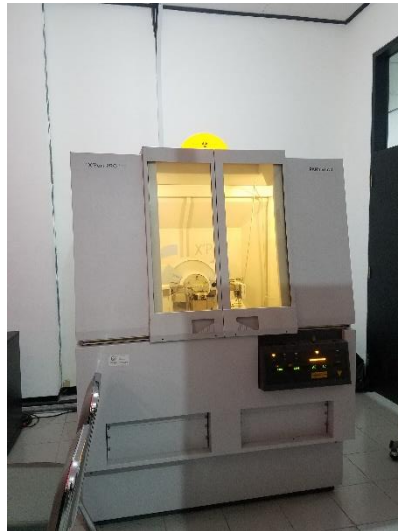
Gambar 3.5 Alat Pengujian AFM

3.4.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD dilakukan di Departemen Teknik Material ITS dengan tujuan untuk mengidentifikasi senyawa yang terbentuk pada Ag akibat paduan unsur Cu. XRD X'Pert Pro TYPE: PW3040/60 S.N : DY 3574 digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.6. Setelah mendapatkan grafik dari serangkaian pengujian



menggunakan XRD maka selanjutnya akan diidentifikasi dengan bantuan software dan data base Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada material paduan.



Gambar 3.6 Alat Pengujian XRD

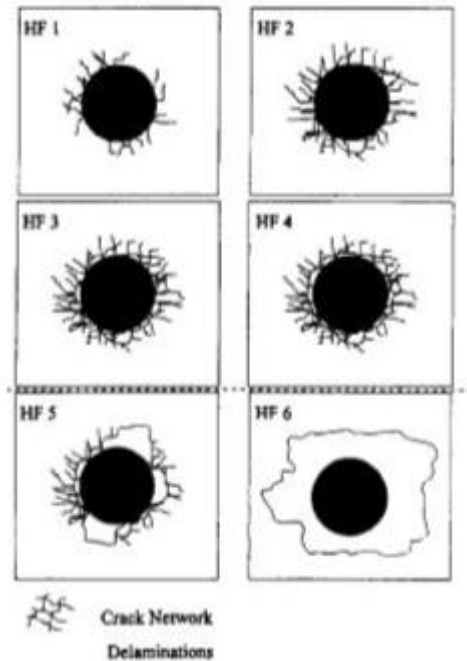
3.4.4 Rockwell-C Adhesion Test

Pengujian untuk mengetahui kekuatan adhesi lapisan tipis dapat dilakukan secara kualitatif oleh Rockwell-C Adhesion Test. Pengujian ini dilakukan dengan alat uji kekerasan Rockwell pada Departemen Teknik Material ITS (gambar 3.7).



Gambar 3.7 Alat uji kekerasan Rockwell

Pengujian ini dikembangkan di Jerman, memiliki standar *VDI Guidelines* 3198, (1991) dan kemungkinan akan menjadi standard DIN dalam waktu dekat. (Jehn dkk, 1993). Setelah melakukan indentasi, dilakukan pengamatan dan analisa kerusakan pada lapisan tipis menggunakan pengamatan visual melalui mikroskop optik Olympus BX51M-RF. Hasil pengamatan visual dibandingkan dengan gambar 3.8. HF 1 – HF 4 merupakan hasil kekuatan adhesi yang baik, sedangkan HF 5 – HF 6 merupakan hasil kekuatan adhesi yang kurang baik.



Gambar 3. 8 Tingkat kekuatan adhesi (Heinke dkk, 1995)

3.4.5 Pengujian Kemampuan Antimicrobial

Menggunakan Metode Disk Diffusion Test

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan *antimicrobial* dari material yang dihasilkan. Pengukuran area bening atau area yang tidak terkontaminasi oleh bakteri di sekitar sampel menjadi perhitungan kuantitatif untuk mengukur kemampuan *antimicrobial* dari sampel. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur manual, setelah itu dibandingkan hasil luas yang dihasilkan dengan sampel lain. Pengujian ini dilakukan di



Departemen Biologi FMIPA ITS (gambar 3.9). Gambar 3.2 menunjukkan diagram alir preparasi dan pengujian disk diffusion test.



Gambar 3.9 Pengujian *antimicrobial* dengan metode *Disk Diffusion Test*

BAB IV

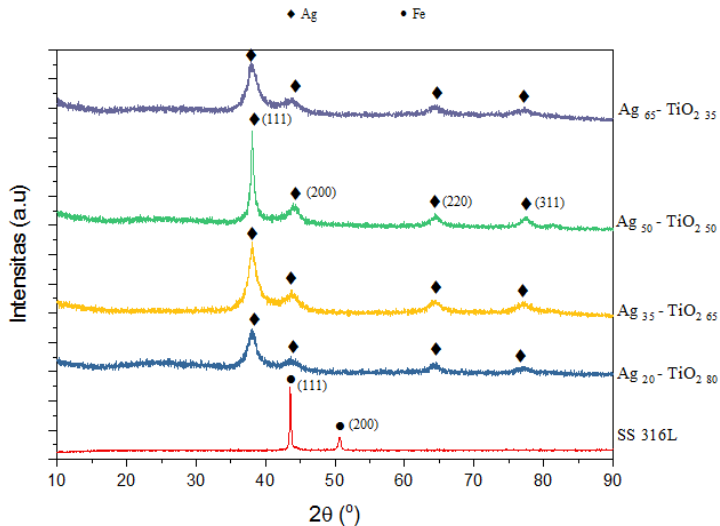
HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Analisa Senyawa

Pengujian *X-Ray Diffraction* dilakukan untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada lapisan tipis di atas substrat. Gambar 4.1 menunjukkan adanya perbedaan pada hasil XRD yang dihasilkan dari sampel dengan luas area mosaik target yang berbeda.

Pada hasil XRD substrat, ditemukan 2 peak, yaitu pada 2θ $43,5^\circ$ dan $50,7^\circ$. Sesuai dengan data JCPDS (04-0829) didapatkan bahwa untuk 2θ $43,6^\circ$ merupakan FCC Fe (111) dan 2θ $50,7^\circ$ merupakan FCC Fe (200). Hal ini didukung dengan hasil XRD pada penelitian Rosip, 2013. Pada penelitian tersebut menunjukkan hasil XRD SS 316L, terdapat karakteristik peak pada 2θ yang sama yaitu $43,5^\circ$ dan $50,7^\circ$.

Pada pengujian XRD sampel, dilakukan dengan menggunakan kaca yang sudah terlapisi oleh lapisan tipis Ag-TiO₂, hal ini dilakukan agar peak yang dihasilkan adalah peak dari lapisan tipis Ag-TiO₂ saja. Pada gambar 4.1 merupakan grafik hasil pengujian XRD, ditemukan beberapa peak dengan 2θ yang hampir sama, yaitu pada $37,9^\circ$, $43,6^\circ$, $63,9^\circ$, dan $77,1^\circ$. Sesuai dengan JCPDS (01-1164), keberadaan Ag dapat terlihat pada 2θ $37,9^\circ$ (111), $44,1^\circ$ (200), $64,6^\circ$ (220), dan $77,1^\circ$ (311). Keberadaan Ag diperkuat karena pada 2θ $37,9^\circ$ merupakan peak tertinggi pada hasil XRD sampel. Hal tersebut didukung dengan penelitian Kumar tahun 2013, hasil XRD pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa Ag berada pada 2θ $38,4^\circ$, $44,4^\circ$ dan $64,5^\circ$ dengan peak tertinggi terdapat di $38,4^\circ$. Sedangkan, keberadaan TiO₂ tidak terlihat pada hasil XRD, hal ini disebabkan karena menurut hasil EDX (Tabel 4.2) kandungan TiO₂ sangat sedikit pada permukaan sampel.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD dari setiap sampel

Pada hasil pengujian, ada peak Ag yang lebar seperti pada sampel Ag₆₅ - TiO₂₃₅. Peak yang lebar menunjukkan adanya ketidak sempurnaan dalam proses pembentukan kristal Ag. Ketidak sempurnaan tersebut bisa berupa terjadinya deformasi pada *crystalline lattice* dan adanya cacat pada kristal sehingga terbentuk kristalisasi yang tidak sempurna (Ahmadpourian dkk, 2016). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Liu dkk, yang menyatakan bahwa *lattice distortion* menyebabkan perubahan intensitas dan melebarkan peak pada hasil analisa XRD.

4.2 Analisa Komposisi

Uji komposisi substrat dan sampel dilakukan dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) dan diperoleh hasil pada tabel 4.1 dan 4.2.



Tabel 4.1 Hasil uji komposisi material substrat

| sampel | % wt | | | | | | |
|--------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| | C | Si | Mo | Cr | Mn | Fe | Ni |
| SS316L | 0.67 | 0.63 | 1.83 | 17.30 | 1.21 | 66.85 | 11.52 |

Tabel 4.2 Hasil uji komposisi material sampel (%wt)

| Sampel | Wt (%) | | | |
|--|--------|------|------|------|
| | Ag | Ti | O | Fe |
| Ag ₂₀ – TiO _{2 80} | 86,32 | 4,37 | 3,45 | 5,86 |
| Ag ₃₅ – TiO _{2 65} | 92,19 | 4,79 | 3,03 | - |
| Ag ₅₀ – TiO _{2 50} | 95,82 | 1,52 | 2,34 | - |
| Ag ₆₅ – TiO _{2 35} | 97,51 | 1,47 | 1,02 | - |

Tabel 4.1 menunjukkan hasil uji komposisi dari material substrat SS316L, hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi material substrat sesuai dengan komposisi pada ASTM A240. Pada tabel 4.2, menunjukkan hasil uji komposisi dari masing masing lapisan tipis dengan luas area target Ag-TiO₂ yang berbeda. Pada hasil uji komposisi lapisan tipis, kandungan Fe hanya ditemukan pada sampel Ag₂₀ – TiO_{2 80} hal ini menunjukkan bahwa permukaan substrat tidak dilapisi lapisan tipis Ag-TiO₂ secara menyeluruh. Sedangkan, pada sampel lain tidak ditemukan adanya kandungan Fe pada permukaan.

Sampel Ag₂₀ – TiO_{2 80} memiliki kandungan TiO₂ paling banyak dibandingkan dengan sampel lainnya, hal ini disebabkan karena luas area target TiO₂ pada sampel ini paling besar dibanding sampel yang lain, dengan perbandingan 20% untuk Ag dan 80% untuk TiO₂. Sedangkan untuk sampel Ag₆₅ – TiO_{2 35} memiliki kandungan TiO₂ paling sedikit, hal ini disebabkan karena luas area



target TiO_2 pada sampel ini paling kecil dibandingkan dengan sampel lainnya, dengan perbandingan 65% untuk Ag dan 35% untuk TiO_2 .

Hasil uji EDX tersebut menunjukkan bahwa semakin besar luas area target yang terpapar pada proses PVD, maka semakin besar kandungan yang terdeposit pada lapisan tipis Ag- TiO_2 . Proses deposisi Ag dan TiO_2 menjadi lapisan tipis Ag- TiO_2 berhasil dilakukan dengan metode mosaik. Namun kandungan Ag merupakan yang paling dominan dari setiap sampel, sedangkan kandungan TiO_2 masih sangat sedikit. Perubahan kandungan TiO_2 yang terjadi dari setiap sampel juga tidak signifikan, hal tersebut dikarenakan *sputtering yield rate* milik TiO_2 yang sangat kecil yaitu sebesar 40 Å/detik. Sedangkan Ag memiliki *sputtering yield rate* paling tinggi dibanding material lainnya yaitu sebesar 380 Å/detik, hal tersebut yang menyebabkan mengapa komposisi Ag lebih dominan. *sputtering yield rate* merupakan representasi dari laju deposisi lapisan tipis pada densitas daya maksimum (Semicore, 2017).

Tabel 4.3 Hasil uji lapisan tipis Ag – TiO_2 (% At)

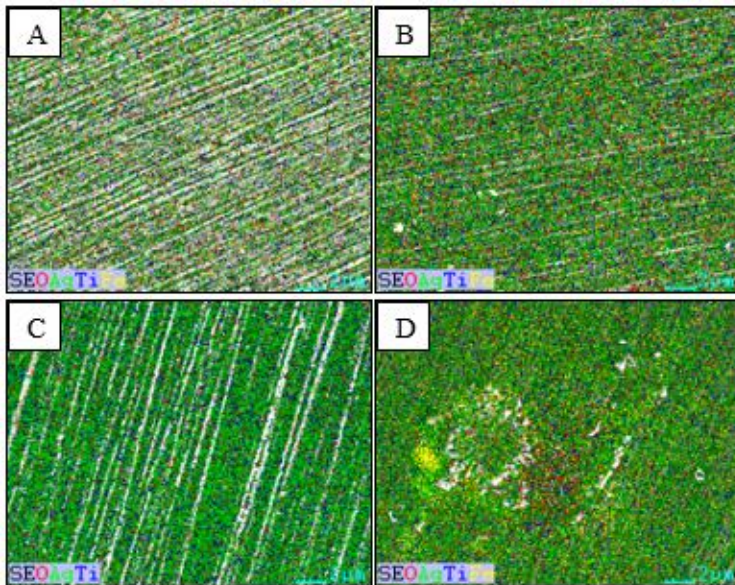
| Sampel | At (%) | | | |
|---|--------|------|-------|------|
| | Ag | Ti | O | Fe |
| Ag ₂₀ – TiO_2 ₈₀ | 66,02 | 7,53 | 17,8 | 8,65 |
| Ag ₃₅ – TiO_2 ₆₅ | 74,72 | 8,73 | 16,54 | - |
| Ag ₅₀ – TiO_2 ₅₀ | 86,75 | 4,21 | 9,64 | - |
| Ag ₆₅ – TiO_2 ₃₅ | 90,53 | 3,08 | 6,39 | - |

Tabel 4.3 menunjukkan hasil persen atom dari masing masing lapisan tipis dengan luas area target yang berbeda. Menurut teori *atomic ratio*, TiO_2 memiliki perbandingan atom Ti : O sebesar 1 : 2 (Parker, 1985). Dari tabel 4.3 terlihat bahwa semua sampel

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



memiliki perbandingan %At Ti dan %At O sebesar 1 : 2. Hal tersebut membuktikan bahwa terdapat senyawa TiO_2 pada lapisan tipis Ag- TiO_2 . Selain itu, keberadaan TiO_2 dapat dilihat juga menggunakan hasil *color mapping*. Gambar 4.2 merupakan hasil *color mapping* dari masing masing lapisan tipis Ag- TiO_2 dengan perbandingan luas area target yang berbeda. Pada gambar 4.2, terlihat bahwa unsur O (merah) selalu berdekatan dengan Ti (biru). Hal ini juga didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Wei pada tahun 2011. Pada penelitian tersebut berhasil mendeposisikan TiO_2 anatase menggunakan target TiO_2 murni dengan metode *sputtering*.

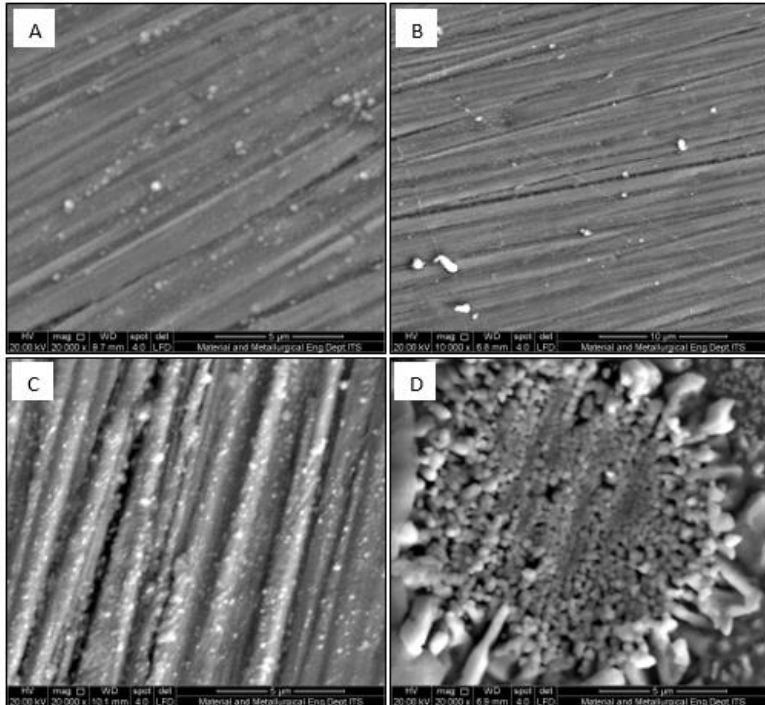


Gambar 4.2 Hasil *color mapping* lapisan tipis (A) $\text{Ag}_{20} - \text{TiO}_{280}$, (B) $\text{Ag}_{35} - \text{TiO}_{265}$, (C) $\text{Ag}_{50} - \text{TiO}_{250}$, (D) $\text{Ag}_{65} - \text{TiO}_{235}$ dengan menggunakan SEM EDX



4.3 Analisa Morfologi

Morfologi dari lapisan tipis Ag-TiO₂ dapat dianalisa dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisa morfologi dibutuhkan untuk mengetahui bentuk dan ketebalan dari lapisan tipis Ag-TiO₂ yang terbentuk.



Gambar 4.3 Morfologi permukaan dengan perbesaran 20000x pada sampel (A) Ag₂₀ – TiO₂ 80, (B) Ag₃₅ – TiO₂ 65, (C) Ag₅₀ – TiO₂ 50, (D) Ag₆₅ – TiO₂ 35 dengan menggunakan SEM

Gambar 4.3 menunjukkan bentuk atau morfologi dari permukaan lapisan tipis dari masing masing sampel. Dari gambar 4.3 terlihat bahwa terdapat gumpalan dan titik titik berwarna putih



pada lapisan tipis Ag-TiO₂. Gumpalan tersebut diidentifikasi merupakan Ag yang beraglomerasi, sedangkan titik berwarna putih yang tersebar diseluruh lapisan diidentifikasi merupakan Ag *nanoparticle* (Paul, 2013). Ag *nanoparticle* tersebut kemudian bertambah banyak dan mengumpul menjadi aglomerat Ag. Pada gambar 4.3 Aglomerat Ag tersebut bertambah besar seiring bertambahnya luas permukaan Ag, hal ini disebabkan karena Ag cenderung membentuk aglomerat seiring bertambahnya jumlah/kandungan Ag pada permukaan (Yu, 2011). Tabel 4.3 membuktikan bahwa semakin besar luas permukaan Ag, maka semakin besar juga kandungan Ag pada lapisan tipis Ag-TiO₂.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran ketebalan lapisan tipis Ag-TiO₂ pada sampel

| Sampel | Rata-rata Ketebalan lapisan Ag-TiO ₂ (nm) |
|--|--|
| Ag ₂₀ – TiO _{2 80} | 223,43 ± 33,65 |
| Ag ₃₅ – TiO _{2 65} | 651,23 ± 33,45 |
| Ag ₅₀ – TiO _{2 50} | 874,20 |
| Ag ₆₅ – TiO _{2 35} | 913,06 ± 67,31 |

Tabel 4.4 menunjukkan ketebalan lapisan tipis yang telah terdeposit pada permukaan substrat. Sampel Ag₂₀ – TiO_{2 80} memiliki ketebalan lapisan yang paling kecil yaitu sekitar 223,4 nm. Sedangkan sampel Ag₆₅ – TiO_{2 35} memiliki ketebalan yang paling besar yaitu sekitar 913,6 nm. Dari data tabel 4.3 terlihat bahwa, ketebalan lapisan tipis Ag-TiO₂ meningkat seiring dengan bertambahnya luas permukaan target Ag. Hal ini disebabkan karena luas permukaan Ag yang terpapar saat proses deposisi pada sampel Ag₆₅ – TiO_{2 35} lebih luas dibandingkan dengan sampel lainnya. Ag memiliki *sputtering yield rate* yang lebih besar



dibandingkan dengan TiO_2 (Semicore, 2017). Oleh karena itu, pada sampel $\text{Ag}_{65} - \text{TiO}_{2\ 35}$, luas area Ag yang dibombardir lebih luas dibandingkan sampel lainnya yang menyebabkan lebih banyak ion Ag yang terdeposisi ke permukaan substrat. Sehingga sampel $\text{Ag}_{65} - \text{TiO}_{2\ 35}$ memiliki ketebalan lapisan yang paling besar.

4.4 Analisa Topografi

Pengujian kekasaran dilakukan dengan menggunakan *Atomic Force Microscopy* (AFM). Pada dasarnya pengujian AFM akan menghasilkan gambar 3D dari topografi permukaan material dengan cara memindai seluruh bidang permukaan (x-y) dengan menggunakan probe, dimana jarak antara permukaan dan probe dikendalikan. (Raposo, 2007). Nilai kekasaran dapat dianalisa menggunakan Sa dan Sz, Sa dan Sz adalah nilai yang didapatkan dari perluasan nilai mean kekerasan (Ra) dan tinggi maksimum (Rz) dalam bentuk 3D (Olympus, 2013). Data hasil mean tinggi (Sa) dan tinggi maksimum (Sz) dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai Sa dan Sz dari substrat dan lapisan tipis Ag- TiO_2

| Sampel | Sa (nm) | Sz (nm) |
|---------------------------------------|---------|---------|
| SS316L | 15,5 | 177 |
| $\text{Ag}_{20} - \text{TiO}_{2\ 80}$ | 11 | 91,2 |
| $\text{Ag}_{35} - \text{TiO}_{2\ 65}$ | 16,1 | 207 |
| $\text{Ag}_{50} - \text{TiO}_{2\ 50}$ | 16,5 | 293 |
| $\text{Ag}_{65} - \text{TiO}_{2\ 35}$ | 21,7 | 384 |

Pada tabel 4.5, terlihat bahwa lapisan tipis $\text{Ag}_{20} - \text{TiO}_{2\ 80}$ memiliki nilai Sa dan Sz sebesar 11 nm dan 91,2 nm yang merupakan tingkat kekasaran permukaan paling rendah dibandingkan dengan sampel lainnya. Bahkan, sampel dengan lapisan tipis $\text{Ag}_{20} - \text{TiO}_{2\ 80}$ memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan permukaan substrat. Namun, seiring



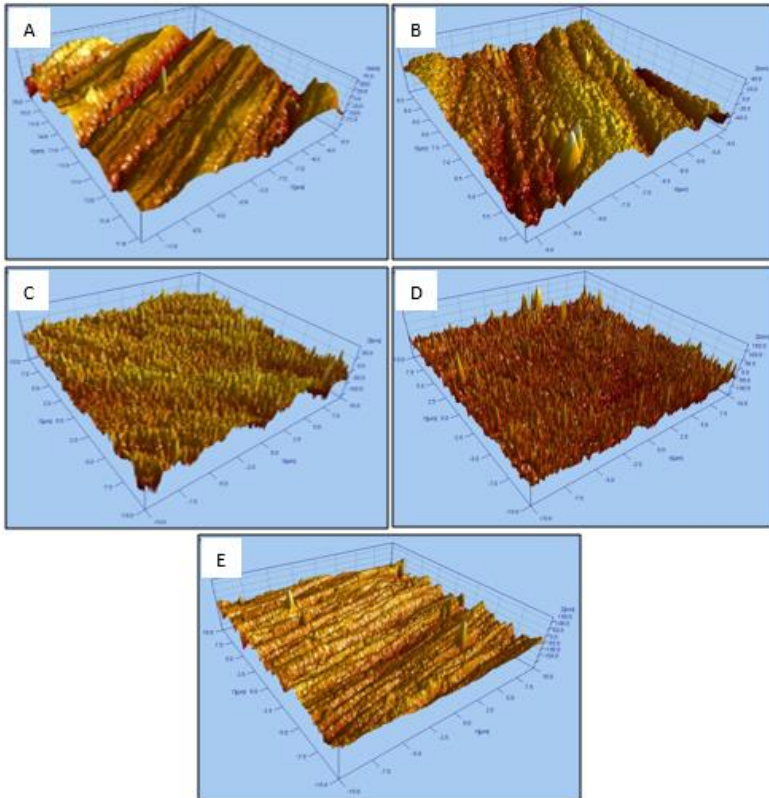
bertambahnya luas area Ag, permukaan menjadi lebih kasar. Permukaan paling kasar terdapat pada sampel $\text{Ag}_{65} - \text{TiO}_{2\ 35}$ karena S_a dan S_z yang dihasilkan paling tinggi (21,7 nm dan 384 nm). Hal ini disebabkan karena seiring bertambahnya luas permukaan Ag, maka semakin banyak juga kandungan Ag pada lapisan tipis. Kandungan Ag pada lapisan tipis akan mempengaruhi sifat segregasi dan aglomerasi dari Ag itu sendiri. Semakin banyak kandungan Ag maka kemungkinan Ag untuk membentuk aglomerat semakin tinggi. Aglomerat dari Ag akan membentuk gumpalan putih pada lapisan, seperti pada hasil SEM gambar 4.3, dan akan mempengaruhi tingkat kekasaran dari permukaan sampel (Barshilia, 2011). Hal tersebut akan diilustrasikan pada gambar 2.1

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa kandungan Ag yang tinggi akan banyak membentuk aglomerat Ag pada permukaan, sehingga tingkat kekasaran dari permukaan akan meningkat bahkan melebihi permukaan awal sebelum ada lapisan tipis. Namun, pada komposisi tertentu, permukaan sampel akan lebih halus dibandingkan dengan permukaan substrat. Hal tersebut terjadi karena, aglomerat Ag akan terbentuk pada celah celah dipermukaan terlebih dahulu sebelum tersegregasi ke atas permukaan seiring bertambahnya kandungan Ag pada lapisan tipis (Machado, 2013). Hal ini yang menyebabkan sampel $\text{Ag}_{20} - \text{TiO}_{2\ 80}$ memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan permukaan substrat. Bentuk topografi dari permukaan substrat dan sampel dapat dilihat pada gambar 4.4.

Topografi permukaan merupakan salah satu hal yang menentukan kualitas permukaan material implan. Kualitas permukaan merupakan faktor yang penting dalam suksesnya penggabungan material implan ke jaringan tubuh (Wennerberg, 1999). Permukaan yang kasar menghasilkan luas permukaan yang lebih luas untuk berinteraksi dengan sel via *osseointegration process*. Sejumlah penelitian *in vivo* telah menunjukkan bahwa meningkatkan luas permukaan akan



meningkatkan kontak *bone-to-implant*. Permukaan yang lebih kasar juga meningkatkan pertumbuhan jaringan ke dalam (Alladk, 2011).



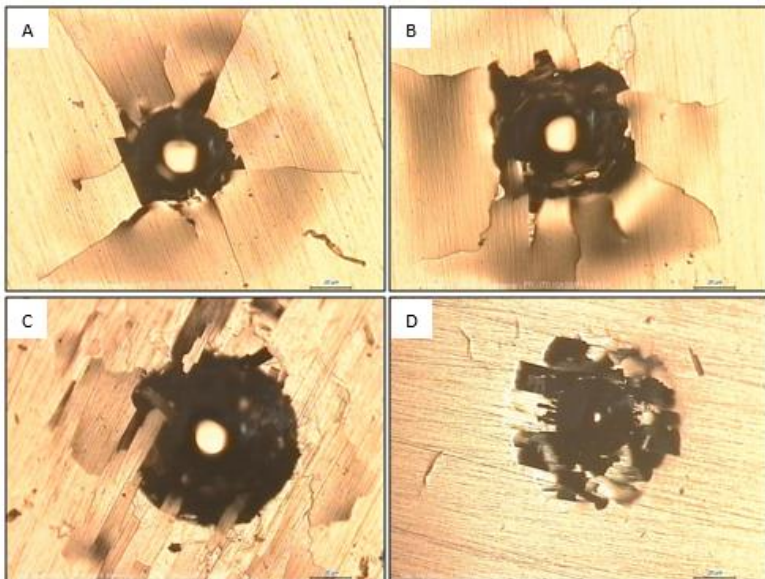
Gambar 4.4 Topografi permukaan (A) Substrat, (B) Sampel Ag 20 – TiO₂ 80, (C) Sampel Ag 35 – TiO₂ 65, (D) Sampel Ag 50 – TiO₂ 50, (E) Sampel Ag 65 – TiO₂ 35

4.5 Analisa Adhesi

Adhesi merupakan kemampuan tarik menarik antara dua partikel yang tidak sejenis. Kemampuan adhesi dari lapisan tipis dapat diukur dengan beberapa cara. Salah satunya adalah secara

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

kualitatif dengan menggunakan pendekatan *Rockwell C Adhesion Test*. Pengujian ini dilakukan dengan merusak lapisan tipis hingga menyebabkan kegagalan secara kohesif dan adhesif (Heinke, 1995). Hasil pengujian *Rockwell C* ditunjukkan pada gambar 4.5 kemudian dibandingkan dengan standar yang telah dicantumkan pada bab III (gambar 3.8).



Gambar 4.5 Hasil pengujian *Rockwell C Adhesion Test* pada sampel (A) Ag₂₀ – TiO₂₈₀, (B) Ag₃₅ – TiO₂₆₅, (C) Ag₅₀ – TiO₂₅₀, (D) Ag₆₅ – TiO₂₃₅

Pada gambar 4.5, terlihat bahwa kerusakan lapisan tipis Ag-TiO₂ akibat indentasi *Rockwell C* semakin memburuk dari gambar (A) ke gambar (D). Jika dibandingkan dengan standar pada penelitian Heinke yang telah dicantumkan pada bab III (Gambar 3.8). Hasil uji adhesi sampel (A) dan (B) termasuk HF 1, yaitu retakan pada lapisan tipis yang terbentuk hanya sedikit, namun

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



retakan yang dihasilkan cukup panjang. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada sampel $\text{Ag}_{20} - \text{TiO}_2_{80}$ dan $\text{Ag}_{35} - \text{TiO}_2_{65}$ mempunyai kekuatan lapisan yang kuat, namun laminasi yang terjadi cukup besar. Delaminasi yang terbentuk diakibatkan karena rendahnya sifat adhesi dari lapisan tersebut. Sedangkan pada hasil uji adhesi sampel (C) dan (D) secara berurutan termasuk HF 4 dan HF 5, yaitu terbentuk retakan dan delaminasi yang cukup banyak sehingga lapisan tersebut hancur.

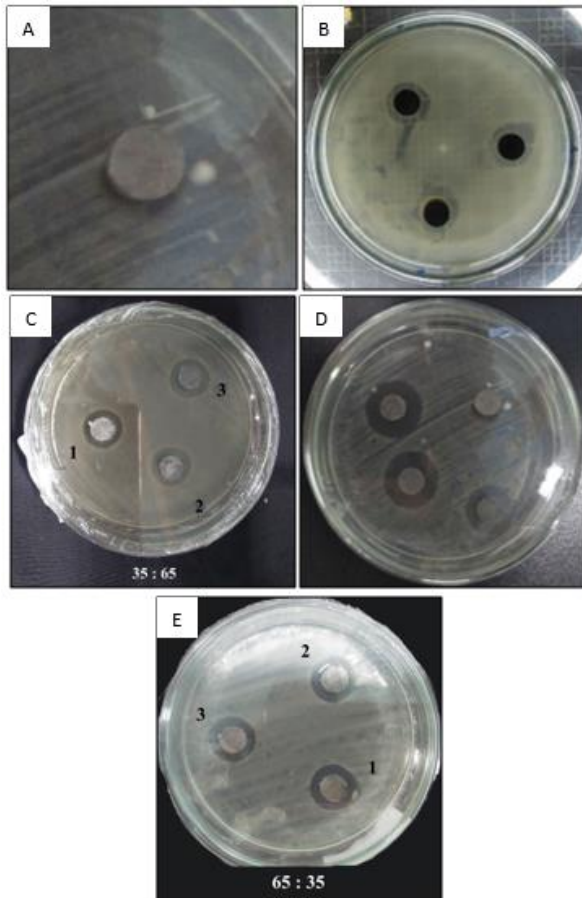
Hasil pengujian *Rockwell C* menunjukkan bahwa semakin besar luas area target TiO_2 berpengaruh terhadap naiknya kekuatan lapisan tipis Ag- TiO_2 . Hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan TiO_2 pada lapisan. Penambahan senyawa TiO_2 pada lapisan akan meningkatkan sifat mekanik dari lapisan tersebut (Wojcieszak, 2016). Sedangkan lapisan Ag di atas *stainless steel* tidak bersifat permanen, karena lapisan memiliki sifat mekanik yang kurang baik (Moerman, 2015). Yudhistira pada tahun 2017 telah melakukan penelitian tentang deposisi perak (Ag) dengan variasi tekanan argon dan lama waktu deposisi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lapisan tipis perak yang terbentuk tidak mempunyai sifat adhesi yang baik, hal tersebut dibuktikan dengan hasil indentasi setara dengan HF 6 pada standar Heinke (gambar 3.8).

Hasil pengujian *Rockwell C* juga menunjukkan bahwa semua sampel memiliki sifat adhesi yang kurang baik. Pada kenyataannya, lapisan tipis yang dihasilkan dengan proses vakum sering menunjukkan adhesi yang jauh lebih buruk daripada seharusnya (Hull, 1987). Selain itu, adhesi pada lapisan tipis dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kekasaran dan kebersihan substrat, struktur lapisan tipis dan sifat mekanik pada lapisan tipis (Lackner, 2007).



4.6 Analisa Antimicrobial

Pengujian *antimicrobial* dilakukan dengan menggunakan metode *disk diffusion test*. Bakteri yang digunakan pada pengujian tersebut adalah *S. Aureus*. Substrat dan sampel diberi perlakuan yang sama saat proses prepaarasi. Proses preparasi yang dimaksud adalah proses aktivasi lapisan tipis Ag -TiO₂ yang dilakukan sebelum pengujian *antimicrobial*. *Sodium Hypchlorite* (NaClO) digunakan sebagai agen aktivasi dari ion Ag karena dapat meningkatkan rasio dari ionisasi Ag (Ferreri, 2015). Sedangkan pengaktivasian TiO₂ menggunakan sinar UV karena sifat fotokatalitis yang dimiliki TiO₂ (Maness, 1999). Gambar 4.6 menunjukkan visualisasi hasil pengujian *disk diffusion test*.



Gambar 4.6 Visualisasi hasil pengujian *disk diffusion test* pada (A) substrat, (B) Ag₂₀ – TiO_{2 80}, (C) Ag₃₅ – TiO_{2 65}, (D) Ag₅₀ – TiO_{2 50}, dan (E) Ag₆₅ – TiO_{2 35}

Pada gambar 4.6, terlihat bahwa lapisan tipis Ag-TiO₂ berhasil melakukan inhibisi terhadap bakteri *S. Aureus* disekelilingnya, hal ini dibuktikan dengan adanya zona inhibisi pada sekitar sampel. Zona inhibisi merupakan zona dimana bakteri

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



terhambat perkembangannya (Chandranth, 2014). Sedangkan pada substrat tidak terbentuk zona inhibisi disekitarnya. Perbandingan diameter zona inhibisi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan jarak zona inhibisi

| Sampel | Rata-rata jarak zona inhibisi |
|--|-------------------------------|
| SS316L | 0 |
| Ag ₂₀ – TiO _{2 80} | 6,8 ± 0,3 |
| Ag ₃₅ – TiO _{2 65} | 8,3 ± 0,5 |
| Ag ₅₀ – TiO _{2 50} | 8,5 ± 0,5 |
| Ag ₆₅ – TiO _{2 35} | 8,6 ± 0,5 |

Dari tabel 4.6 terlihat bahwa efek antimicrobial meningkat seiring dengan bertambahnya luas area Ag yang dibuktikan dari meningkatnya zona inhibisi dari lapisan tipis Ag-TiO₂. Sampel Ag₂₀ – TiO_{2 80} memiliki zona inhibisi paling rendah yaitu 6,8 mm. Sedangkan sampel Ag₆₅ – TiO_{2 35} memiliki zona inhibisi paling tinggi yaitu sebesar 8,6 mm. Hal tersebut diakibatkan karena luas area target Ag yang lebih luas dapat mendepositkan Ag lebih banyak sesuai dengan hasil EDX (tabel 4.2). Ag memegang peranan penting dalam pembunuhan bakteri karena penambahan sedikit Ag dapat meningkatkan sifat antimicrobial secara signifikan (Chen, 2015).

Sedangkan penambahan TiO₂ tidak terlalu memberi peningkatan yang signifikan terhadap efek antimicrobial dari lapisan tipis. Hal ini disebabkan karena TiO₂ memiliki efek antimicrobial yang tidak cukup baik dibandingkan dengan material antimicrobial lainnya (Moerman, 2015).



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan :

1. Luas area target Ag-TiO₂ yang berbeda menyebabkan perbedaan ketebalan lapisan tipis Ag-TiO₂. Hal tersebut dikarenakan Ag memiliki *Yield Sputtering Rate* yang tinggi sehingga semakin banyaknya kandungan Ag yang terdeposisi seiring dengan bertambahnya luas area target Ag. Sampel Ag₆₅ – TiO₂₃₅ merupakan sampel yang paling tebal dengan ketebalan 913,06 nm. Kandungan Ag juga berpengaruh terhadap kekasaran lapisan tipis. Semakin tinggi kandungan Ag akan meningkatkan kekasaran pada lapisan tipis. Hal ini disebabkan karena Ag cenderung membentuk aglomerat diatas permukaan. Selain itu, luas area target Ag-TiO₂ juga mempengaruhi sifat mekanik dari lapisan tipis Ag-TiO₂. Hal ini disebabkan oleh sifat TiO₂ yang menaikkan sifat mekanik. Semakin tinggi kandungan TiO₂ pada lapisan, semakin bagus sifat mekanik lapisan tipis tersebut.
2. Luas area target Ag-TiO₂ yang berbeda menyebabkan perubahan kemampuan *antimicrobial* yang dihasilkan. Hal tersebut dibuktikan dengan perbedaan zona inhibisi sekitar sampel. Sampel dengan luas area target Ag 20% dan TiO₂ 80% memiliki zona inhibisi paling kecil yaitu 6,8 mm, sedangkan sampel dengan luas area target Ag 65% dan TiO₂ 35% memiliki zona inhibisi paling besar yaitu 8,6 mm. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar luas area target Ag maka akan semakin besar zona inhibisi yang dihasilkan.



5.2 Saran

Saran untuk penelitian tentang deposisi lapisan tipis kedepannya yaitu :

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai lapisan tipis dengan kemampuan antimicrobial.
2. Adanya penelitian lain mengenai sintesis lapisan tipis dari material antimicrobial lainnya
3. Melakukan post-heat treatment agar memperoleh TiO_2 anatase yang kristalin.



DAFTAR PUSTAKA

- A Wennerberg. 1999. "The Role of Surface Roughness for Implant Incorporation in Bone". Cells and Materials Vol.9. 1 – 19.
- Ahmadpourian A, Luna C, Boochani A, Arman A, Achour A, Rezaee S, Naderi S.2016. "The Effect of Deposition Time on Surface Morphology, Structural, Electrical and Optical Properties of Sputtered Ag-Cu Thin Films". Eur. Phys. J. Plus (2016) 131:381.
- Azom. 2001. Stainless Steel – Grade 316 (UNS S31600).
[URL:http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=863](http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=863)
- Barshilia HC, Kumar P, Rajam KS, Biswas A. "Structure and optical properties of Ag–Al₂O₃ nanocermet solar selective coatings prepared using unbalanced magnetron sputtering". Sol Energy Mater Sol Cells 2011;95:1707–15.
- Berger, T. J., J. A. Spadaro, S. E. Chapin, and R. O. Becker. 1996. "Electrically generated silver ions: quantitative effects on bacterial and mammalian cells". Antimicrob. Agents Ch. 9: 357-358.
- Berke, I., Tierno Jr., P.M. .1996. "Comparison of efficacy and cost-effectiveness of BIOMIC VIDEO and Vitek antimicrobial susceptibility test systems for use in the clinical microbiology laboratory". J. Clin. Microbiol. 34.
- Binyu Yu, Kar Man Leung, Qiuquan Guo, Woon Ming Lau, Jun Yang. 2011. "Synthesis of Ag-TiO₂ Composite Nano Thin Film for Antimicrobial Application". Nanotechnology 22
- Blawert C, Knoop FM, Weisheit A, Mordike BL. 1996. "Plasma Immersion Ion Implantation of Stainless Steel :



- Austenitic Stainless Steel in Comparison to Austenitic-Ferritic Stainless Steel. *Surf. Coat. Technol.* 15 – 27.
- Boundless. 2016. Kirby-Bauer Disk Susceptibility Test. Boundless Microbiology .
<URL:<https://www.boundless.com/microbiology/textbooks/boundless-microbiologytextbook/antimicrobial-drugs-13/measuring-drug-susceptibility-157/kirby-bauer-disk-susceptibility-test-791-6152/>>
- Brown, T. and D. Smith. 1976. “The effects of silver nitrate on the growth and ultrastructure of the yeast *Cryptococcus albidus*”. *Microbios Lett.* 3: 155-162.
- Cahya S, Muhammad I, Ika K. 2014. “Karakteristik Material Biokompatibel Aplikasi Implan Medis Jenis *Bone Plate*”. ISSN : 2407 – 1846. 1 – 2.
- Ching-Hua Wei and Ching-Min Chang. 2011. “Polycrystalline TiO₂ Thin Film with Different Thicknesses Deposited on Unheated Substrates Using RF Magnetron Sputtering”. *Material Transaction Vol.52 No.3.* 554 - 559
- D Wojcieszak, M Mazue, D Kaczmarek, P Mazur, B Szponar, J Domaradzki, L Kepinski. 2016. “Influence of the Surface Properties on Bacterial and Fungicidal Activity of Magnetron Sputtered Ti-Ag and Nb-Ag Thin Films. *Material Science and Engineering C62 (2016)* 85 – 95.
- Deepen Paul, Sharmistha Paul, Nima Roohpour, Mark Wilks, P Vadgama. 2013. “Antimicrobial, Mechanical and Thermal Studies of Silver Particle-Loaded Polyurethane”. *Journal of Functional Biomaterials.* 358-375.
- Du J, Han B, Liu Z, Liu Y, Kang D.2007. “Control Synthesis of Silver Nanosheets, Chainlike sheets, and Microwires via a Simple Solvent – Thermal Method”. *Cryst. Growth Des.* 7. 900-904.
-



- Endang LS, Severin JA, Filius PM, Kuntaman K, Offra DD, Hadi U, Wahjono H, Verbrugh HA. 2008. "Comparison of the accuracy of disk diffusion zone diameters obtained by manual zone measurements to that by automated zone measurements to determine antimicrobial susceptibility". *Journal of Microbiological Methods*.
- Felmingham D, Brown DF. 2001. "Instrumentation in antimicrobial susceptibility testing". *J. Antimicrob. Chemother.* 48 (Suppl 1).
- Feng, Q. L., J. Wu, G. Q. Chen, F. Z. Cui, T. N. Kim, and J. O. Kim. 2000. "A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*". *J. Biomed. Mater. Res.* 52: 662-668.
- Ferreri L, Calderon SV, Galindo RE, Palacio C, Henriques M, Piedade AP, Carvalho S. 2014. "Silver activation on thin films of Ag-ZrCN coatings for antimicrobial activity". *Materials Science and Engineering C* 55 (2015) 547-555.
- Frank Moerman. 2015. "Antimicrobial Materials, Coatings And Biomimetic Surfaces With Modified Microtopography To Control Microbial Fouling Of Product Contact Surfaces Within Food Processing Equipment: Legislation, Requirements, Effectiveness And Challenges". *Journal of Hygienic Engineering and Design.* 8 – 28.
- Fuhrmann, G. F. and A. Rothstein. 1968. "The mechanism of the partial inhibition of fermentation in yeast by nickel ions". *Biochim. Biophys. Acta.* 163: 331-338.
- Hardes J, Ahrens H, Gebert C, Streitbuerger A, Buerger H, Erren M. 2007. "Lack of Toxicological side-effects in silver-coated megaprotheses in humans". *Biomaterials* 28 (2007) 2869-2875.



- Haris Kumar, Renu Rani. 2013. "Structural Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized by Micro Emulsion Route". *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 344 – 348.
- Heinke W, Leyland A, Matthews A, Berg G, Friedrich C, Broszeit E. 1995. "Evaluation of PVD nitride coatings, using impact, scratch and Rockwell-C adhesion tests". *Thin Solid Films* 270 (1995) 431 -438.
- Hetrick EM, Schoenfisch MH. 2006. "Reducing Implant-related infections: Active release strategies". *Chem. Soc. Rev.* 35 .780-789.
- Hoffmann MR, Martin ST, Choi W, Bahnemann DW. Environmental applications of semiconductor photocatalysis. *Chem Rev* 1995; 95: 69-96.
- Jehn H, Reiners G , Siegel N. 1993. "DIN Fachbericht 39, Characterisierung dünner Schichten". Beuth Verlag.
- Khan IH, L Maissel, R. Clang. 1970. "Handbook of Thin Film Technology". 10-11.
- Lackner JM, Waldhauser W. "Adhesion Improvement of PVD Coatings by Plasma Treatment With Linear Anode Layer Ion Sources". Joanneum Research Forschungsgesellschaft GmbH, Niklasdorf, Austria.
- Lalueza P, Monzon M, Arruebo M, Santamaria J. 2011. "Bactericidal effects of different silver-containing materials". *Mater. Res. Bull.* 46. 2070-2076.
- Machado D, Pedrosa P, Fonseca C, Martin N, Vaz F. "Structural and morphological changes in Ag:TiN nanocomposite films promoted by in-vacuum annealing". *J Nano Res* 2013;25:67–76.
- Mahan JE, John Wiley & Sons. 2000. "Physical Vapor Deposition of Thin Films". New York. 133
- Maness PC, Smolinski S, Blake DM, Huang Z, Wolfrum EJ, Jacoby WA. Bactericidal activity of photocatalytic TiO₂ reaction: toward an understanding of its killing
-



- mechanism. *Appl Environ Microbiol* 1999; 65: 4094-4098.
- Mian Chen, Erlin Zhang, Lan Zhang. 2016. "Microstructure, mechanical properties, bio-corrosion properties and antibacterial property of Ti-Ag sintered alloys". 4 – 45.
- MJ Jung, YM Kim, YM Chung, JG Han, KY Bang. 2004. "Thin Solid Films". 447 – 448.
- NI Mad Rosip, S Ahmad, KR Jamaludin, F Mat Noor. 2013. "Producing of 316L Stainless Steel (SS316L) Foam via Slurry Method". *International Conference on Mechanical Engineering Research (ICMER)*. 1-12
- Olympus. 2013. Roughness (3D) parameter. <URL: http://www.olympusims.com/en/knowledge/metrology/roughness/3d_parameter/>
- Parker, Sybil P. 1985. "Dictionary of Chemical Terms". McGraw-Hill. New York.
- Quin GF, Li ZY, Chen XD, Russel AB. 2002. "An experimental study of an NaClO Generator for anti-microbial applications in the food industry". *J. Food Eng.* 54.111-118
- R K Chandrakanth, C Ashajyothi, Ajay Kumar O, C Prabhurajeshwar. 2014. "Potential Bactericidal Effect of Silver Nanoparticles Synthesised from Enterococcus Species". *Orient. J. Chem.* Vol. 30(3). 1253 – 1262.
- Rajendran, Rajeswari. 1996. "Super Austenitic Stainless Steel – a Promising Replacement for the Currently Used Type 316L Stainless Steel as the Constraction Material for Flue-Gas Desulphuruzation Plant. *Journal of Material Science* 31. 6615 – 6619.
- Rama Krishna Alla, Kishore Ginjupalli, Negaraja Upadhya, Mohammed Shammash, Rama Krishna Rave, Ravichandra Sekhar. 2011. "Surface Roughness of Implants" *Trends Biomater.* 112 – 118.
-



- Richards, R. M. E., H. A. Odelola, and B. Anderson. 1984. "Effect of silver on whole cells and spheroplasts of a silver resistant *Pseudomonas aeruginosa*". *Microbios*. 39: 151-157.
- S Calderon Velasco, A Cavaleiro, S Carvalho. 2015. "Functional Properties of Ceramic-Ag Nanocomposite Coatings Produced by Magnetron Sputtering". *Progress in Materials Science* 86. 158 – 191.
- Santosh SM, Kandasany Natarajan. 2015. "Antibiofilm Activity of Epoxy/Ag-TiO₂ Polymer Nanocomposite Coatings against *Staphylococcus Aureus* and *Escherichia Coli*". ISSN 2079-6412. 95-114.
- Semicore. 2017. Complete Solution for Standard and Custom Vacuum Deposition. URL : <http://www.semicore.com/reference/sputtering-yields-reference>
- Sumarji. 2011. "Studi Perbandingan Ketahanan Korosi *Stainless Steel* Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik dengan Variasi Suhu dan PH". *Jurnal Rotor* Vol. 4. 2 – 3.
- TR Hull, JS Colligon, AE Hill. 1987. "Measurement of thin film adhesion". *Pergamon Journal*. 327 - 330
- Wu M, Chang L, Zhang L, He X, Qu X. 2015. "Effects of roughness on the wettability of high temperature wetting system". *Surface & Coatings Technology*. 287 (2016) 145-152.
- Yiming Liu, Wanggang Zhang, Yanhao Sun, Wei Liang. 2017. "Diffusion Behavior of Ag in TiO₂ nanofilms". *Material Research Bulletin*. 1 – 26.
- Yudhistira Surya Andika K. 2017. "Pengaruh Waktu Deposisi dan Tekanan Gas Argon Proses PVD RF Sputtering pada Silver Thin Film untuk Aplikasi Antimicrobial Coating pada Orthopedics Device. Departemen Teknik Material ITS.



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

Zhao GQ, Ye LH, Huang YC, Yang DK, Li L, Xu G, Lei YJ. 2001.
“In Vitro model of bacterial biofilm formation on
polyvinyl chloride biomaterial”. Cell Biochem. Biophys.
61 .371-376.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

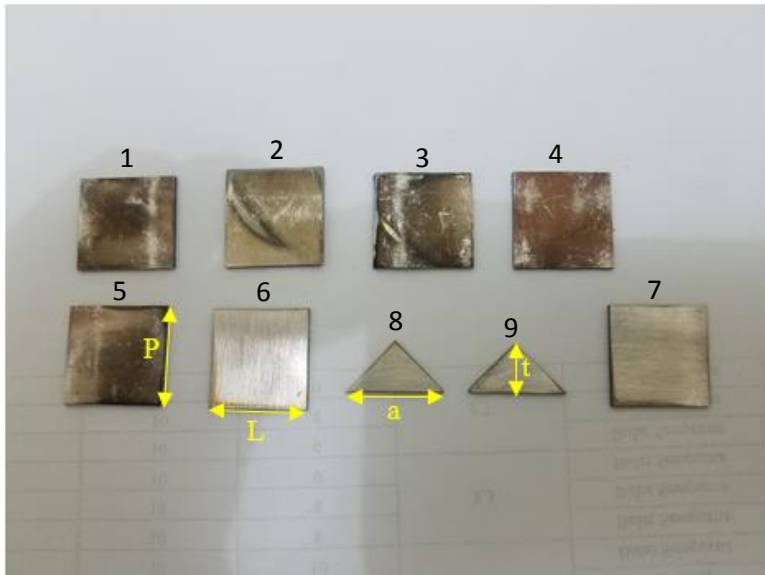


LAMPIRAN A

PERHITUNGAN LUAS AREA TARGET

A. Perhitungan luas area target A_g :

Luas Target Ag Kotak (A_{Ag}) = panjang (p) x lebar (l)



Gambar 1 Material Target A_g



Tabel 1 Perhitungan luas area target Ag (Kotak)

| No | P (cm) | L (cm) | A _{Ag} (cm ²) |
|----|--------|--------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 1,98 | 3,96 |
| 2 | 1,95 | 2 | 3,90 |
| 3 | 1,98 | 2 | 3,96 |
| 4 | 1,97 | 2 | 3,94 |
| 5 | 2 | 1,97 | 3,94 |
| 6 | 2 | 1,96 | 3,92 |
| 7 | 2 | 1,95 | 3,90 |

$$\text{Luas Target Ag Segitiga (A}_{\text{Ag}}) = \frac{1}{2} \times \text{alas (a)} \times \text{tinggi (t)}$$

Tabel 2 Perhitungan luas area target Ag (Segitiga)

| No | a (cm) | t (cm) | A _{Ag} (cm ²) |
|----|--------|--------|------------------------------------|
| 8 | 1,96 | 1 | 0,98 |
| 9 | 1,95 | 1 | 0,975 |

Tabel 3 Pengelompokan target Ag

| Variasi | Target Ag | A _{Ag} Total (cm ²) |
|---------|---------------|--|
| a | 2,7,8,9 | 9,755 |
| b | 2,5,6,7 | 15,66 |
| c | 1,2,4,5,6,7 | 23,56 |
| d | 1,2,3,4,5,6,7 | 27,52 |

Keterangan :

Variasi a = Ag 20% : TiO₂ 80%

Variasi b = Ag 35% : TiO₂ 65%

Variasi c = Ag 50% : TiO₂ 50%

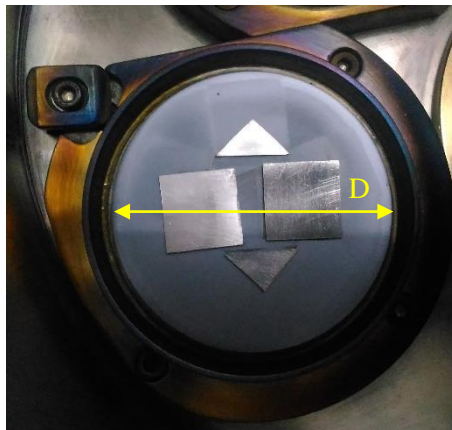
Variasi d = Ag 65% : TiO₂ 35%



B. Perhitungan luas area target TiO_2

$$\text{Luas Area Target TiO}_2 (A_{\text{TiO}_2}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$\begin{aligned} D &= \text{Diameter TiO}_2 \text{ (cm)} \\ \text{Diameter TiO}_2 (D_{\text{TiO}_2}) &= 75 \text{ mm} \\ &= 7,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

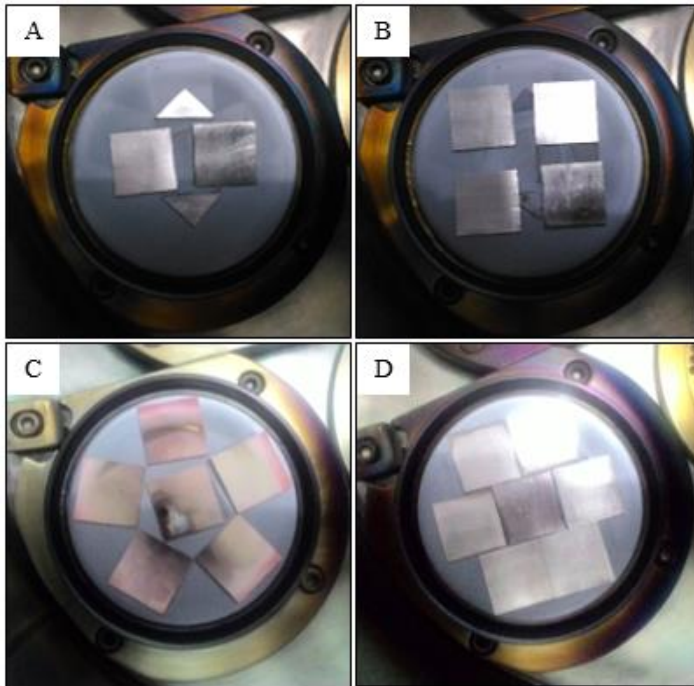


Gambar 2 Material Target TiO_2

$$\text{Luas Area Target TiO}_2 (A_{\text{TiO}_2}) = 44,17864 \text{ cm}^2$$



C. Merangkai Area Target (Metode Mosaik)



Gambar 3 Rangkaian Area Target

Keterangan :

(a) = Ag 20% : TiO_2 80%

(b) = Ag 35% : TiO_2 65%

(c) = Ag 50% : TiO_2 50%

(d) = Ag 65% : TiO_2 35%



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

D. Perhitungan persentase luas area target

| Variasi | Total Luas Area Target (cm ²) | Ag (cm ²) | TiO ₂ (cm ²) | Ag (%) | TiO ₂ (%) |
|---------|---|-----------------------|-------------------------------------|--------|----------------------|
| a | 44,178 | 9,755 | 34,423 | 22,08 | 77,91 |
| b | | 15,66 | 28,518 | 35,44 | 64,55 |
| c | | 23,56 | 20,618 | 53,32 | 46,67 |
| d | | 27,52 | 16,658 | 62,29 | 37,71 |



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

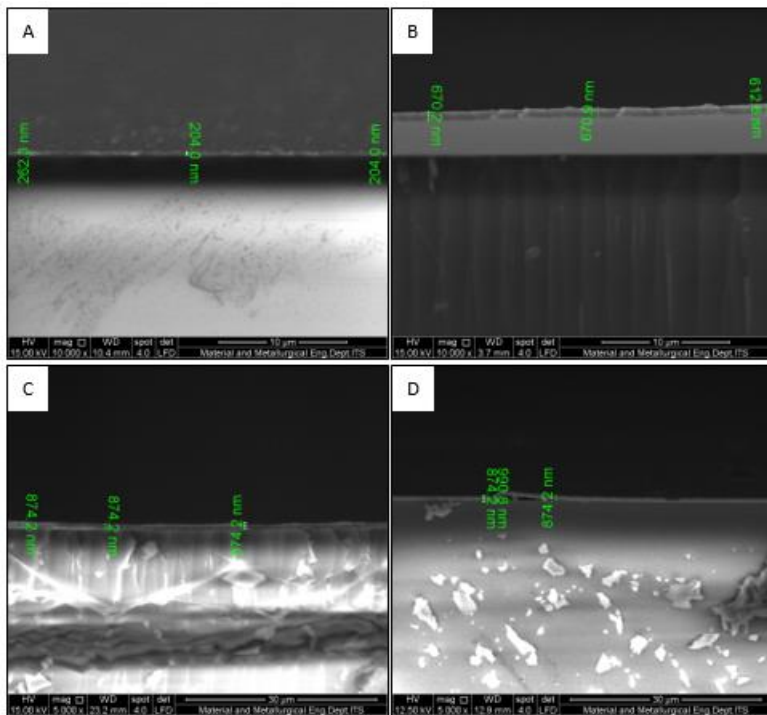


LAMPIRAN B

PERHITUNGAN KETEBALAN LAPISAN TIPIS

Perhitungan rata rata ketebalan lapisan tipis

$$\text{Rata - rata ketebalan} = \frac{\Sigma \text{ ketebalan}}{3}$$



Gambar 4 Hasil pengukuran ketebalan dengan menggunakan SEM



Tabel 4 perhitungan ketebalan lapisan tipis

| Sampel | Ketebalan (nm) | | | Rata – rata (nm) |
|--------|-------------------|-------|-------|---------------------|
| A | 262,3 | 204,0 | 204,0 | 223,43 |
| B | 670,2 | 670,9 | 612,6 | 651,23 |
| C | 874,2 | 874,2 | 874,2 | 874,20 |
| D | 874,2 | 990,8 | 874,2 | 913,06 |



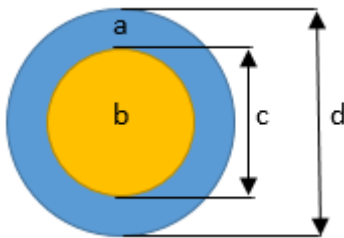
LAMPIRAN C

PERHITUNGAN ZONA INHIBISI

Perhitungan zona inhibisi material

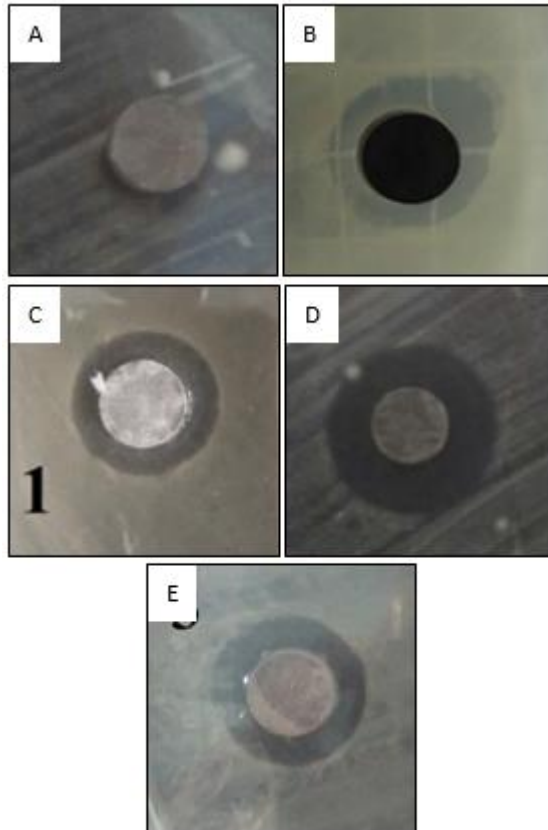
Jarak inhibisi = diameter inhibis – diameter spesimen

$$\text{Rata – rata inhibisi} = \frac{\Sigma \text{jarak inhibisi}}{3}$$



Keterangan :

- a. Zona Bening
- b. Spesimen
- c. Diameter Spesimen
- d. Diameter Inhibisi



Gambar 5 zona inhibisi spesimen



Tabel 5 Perhitungan zona inhibisi

| No | Diameter Spesimen (mm) | Diamater Inhibisi (mm) | Jarak Inhibisi (mm) | Rata – Rata (mm) |
|----|------------------------|------------------------|---------------------|------------------|
| A | 10 | 0 | 0 | 0 |
| B | 10 | 17 | 7 | $6,8 \pm 0,3$ |
| | 10 | 16,4 | 6,4 | |
| | 10 | 17 | 7 | |
| C | 10 | 18 | 8 | $8,3 \pm 0,5$ |
| | 10 | 18 | 8 | |
| | 10 | 19 | 9 | |
| D | 10 | 19 | 9 | $8,5 \pm 0,5$ |
| | 10 | 18 | 8 | |
| | 10 | 18,5 | 8,5 | |
| E | 10 | 19 | 9 | $8,6 \pm 0,5$ |
| | 10 | 18 | 8 | |
| | 10 | 19 | 9 | |

Keterangan :

A = Variasi luas area target Ag 0% : TiO₂ 0%

B = Variasi luas area target Ag 20% : TiO₂ 80%

C = Variasi luas area target Ag 35% : TiO₂ 65%

D = Variasi luas area target Ag 50% : TiO₂ 50%

E = Variasi luas area target Ag 65% : TiO₂ 35%



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



LAMPIRAN D

HASIL IDENTIFIKASI FASA MENGGUNAKAN XRD

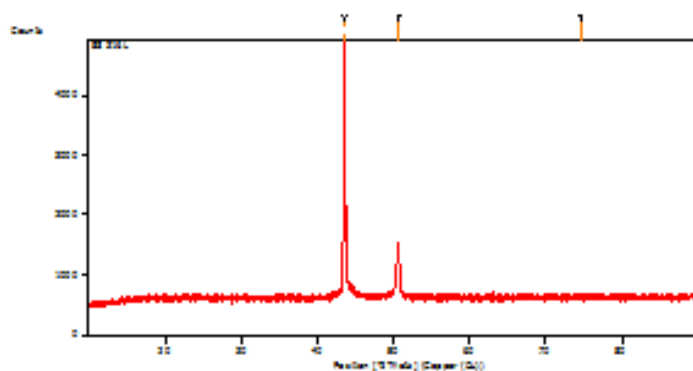
|

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

| | |
|-------------------------------|--|
| Dataset Name | SS 316L |
| File name | E:\DATA PENGUNJIAN\Pembimbing\Dr. Agung P\Airlangga\28 |
| September\SS 316L\SS 316L.rd | |
| Comment | Configuration-Reflection-Transmission Sp Goniometer-PW3050/60 (Theta/Theta); Mini |
| Measurement Date / Time | 9/28/2017 2:44:00 PM |
| Raw Data Origin | PHILIPS-binary (scan) (.RD) |
| Scan Axis | Goni |
| Start Position [°2 θ] | 10.0084 |
| End Position [°2 θ] | 39.9764 |
| Step Size [°2 θ] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1500 |
| Scan Type | Continuous |
| Offset [°2 θ] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2500 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Receiving Slit Size [mm] | 12.7500 |
| Measurement Temperature [°C] | -273.15 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.19225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffractionmeter Type | XPert MPD |
| Diffractionmeter Number | 1 |
| Goniometer Radius [mm] | 200.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 91.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

| Pos. [°2 θ] | Height [cts] | FWHM Left [°2 θ] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|---------------------|--------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 43.5312 | 3985.98 | 0.1020 | 2.07794 | 100.00 |
| 43.6660 | 2715.19 | 0.1020 | 2.07638 | 68.12 |
| 50.7333 | 818.27 | 0.4488 | 1.79804 | 20.53 |
| 74.6517 | 40.14 | 0.4896 | 1.27039 | 1.01 |

Pattern List: (Bookmark 4)

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name - SS 316L.rd
- Modification time - "9/29/2017 7:29:30 AM"
- Modification editor - "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived - "Yes"
- Step Size - "0.01"
- Modification time - "9/29/2017 7:29:30 AM"
- Modification editor - "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance - "1"
- Minimum tip width - "0.02"
- Maximum tip width - "1"
- Peak base width - "2"



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

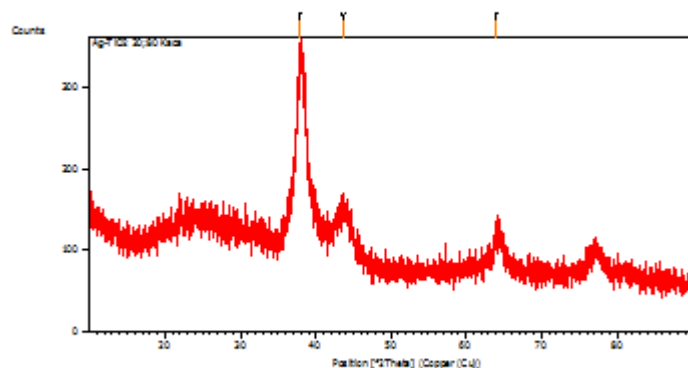
This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

| | |
|---|--|
| Dataset Name | Ag-TiO2 20;80 Kaca |
| File name | E:\DATA PENGUJIAN\Pembimbing\P. Agung P\Airlangga\22 |
| Nov\Ag-TiO2 20;80 Kaca\Ag-TiO2 20;80 Kaca.xrdml | |
| Comment | Configuration=Reflection-Transmission Spinner, Owner=User-1, Creation date=1/15/2016 11:44:36 AM |
| | Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size |
| 2Theta:0.001; Minimum step size | Omega:0.001 |
| | Sample stage=Reflection-Transmission Spinner PW3064/60; |
| Minimum step size Phi:0.1 | |
| | Diffraction system=XPRT-PRO |
| | Measurement program=C:\PANalytical\Data |
| Collector\Programs\test.xrdmp | Identifier={2E8976FB-46E6-429A-801C-ED791707351C} |
| Measurement Date / Time | 11/22/2017 8:26:31 AM |
| Operator | Institut Teknologi |
| Raw Data Origin | XRD measurement (*XRDML) |
| Scan Axis | Gonio |
| Start Position [°2Th.] | 10.0084 |
| End Position [°2Th.] | 89.9764 |
| Step Size [°2Th.] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1600 |
| Scan Type | Continuous |
| PSD Mode | Scanning |
| PSD Length [°2Th.] | 2.12 |
| Offset [°2Th.] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2177 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Measurement Temperature [°C] | 25.00 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.39225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffraction Type | 0000000011119014 |
| Diffraction Number | 0 |
| Goniometer Radius [mm] | 240.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 100.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |



Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|--------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|
| 37.9750 | 183.75 | 0.4015 | 2.36948 | 100.00 |
| 43.6143 | 34.02 | 0.9368 | 2.07529 | 18.51 |
| 63.9761 | 33.25 | 0.6691 | 1.45530 | 18.10 |

Pattern List: (Bookmark 4)

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = "Ag-TiO2 20
- 80 Kaca.xrdml"
- Modification time = "11/23/2017 7:22:51 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"

Activate
Go to PC :



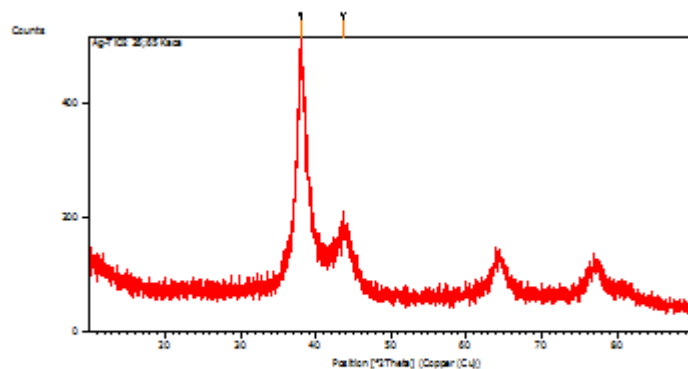
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

| | |
|--|--|
| Dataset Name | Ag-TiO2 35,65 Kaca |
| File name | E:\DATA PENGUJIAN\Pembimbing\P. Agung P\Airlangga\22 |
| Nov\Ag-TiO2 35,65 Kaca\Ag-TiO2 35,65 Kaca.rd | |
| Comment | Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini |
| Measurement Date / Time | 11/22/2017 8:13:00 AM |
| Raw Data Origin | PHILIPS-binary (scan) (.RD) |
| Scan Axis | Gonio |
| Start Position [°2Th.] | 10.0084 |
| End Position [°2Th.] | 89.9764 |
| Step Size [°2Th.] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1500 |
| Scan Type | Continuous |
| Offset [°2Th.] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2500 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Receiving Slit Size [mm] | 12.7500 |
| Measurement Temperature [°C] | -273.15 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.39225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffractionmeter Type | XPert MPD |
| Diffractionmeter Number | 1 |
| Goniometer Radius [mm] | 200.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 91.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

| Pos. [°2Th] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|-------------|--------------|------------------|---------------|---------------|
| 38.0119 | 315.96 | 0.4015 | 2.36726 | 100.00 |
| 43.6292 | 52.28 | 0.9368 | 2.07462 | 16.55 |

Pattern List: (Bookmark 4)

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = Ag-TiO2 35
- 65 Kaca.rd
- Modification time = "11/23/2017 8:30:22 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "11/23/2017 8:30:22 AM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"

Activate
Go to PC s



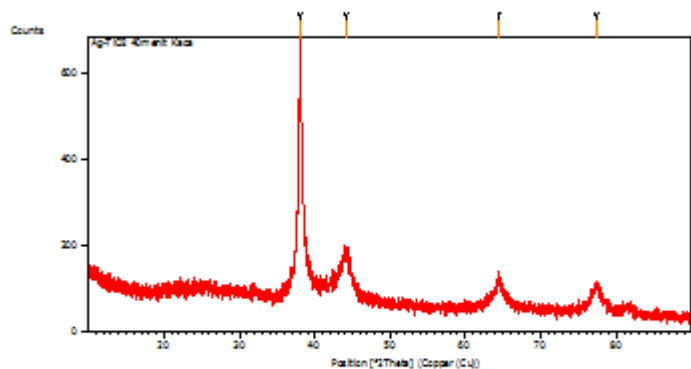
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

| | |
|--|--|
| Dataset Name | Ag-TiO ₂ 40menit Kaca |
| File name | E:\DATA PENGUJIAN\Pembimbing P. Agung P\Airlangga\22 |
| Nov\Ag-TiO ₂ 40menit Kaca\Ag-TiO ₂ 40menit Kaca.rd | |
| Comment | Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini |
| Measurement Date / Time | 11/22/2017 8:02:00 AM |
| Raw Data Origin | PHILIPS-binary (scan) (.RD) |
| Scan Axis | Gonio |
| Start Position [°2Th.] | 10.0084 |
| End Position [°2Th.] | 89.9764 |
| Step Size [°2Th.] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1500 |
| Scan Type | Continuous |
| Offset [°2Th.] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2500 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Receiving Slit Size [mm] | 12.7500 |
| Measurement Temperature [°C] | -273.15 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.39225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffractometer Type | XPert MPD |
| Diffractometer Number | 1 |
| Goniometer Radius [mm] | 200.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 91.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|--------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|
| 38.0638 | 552.77 | 0.2676 | 2.36415 | 100.00 |
| 44.1412 | 70.49 | 0.9368 | 2.05174 | 12.75 |
| 64.5322 | 51.89 | 0.6691 | 1.44410 | 9.39 |
| 77.4416 | 49.57 | 0.6691 | 1.23246 | 8.97 |

Pattern List: (Bookmark 4)

Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = Ag-TiO2 40menit Kaca.rd
- Modification time = "11/23/2017 8:31:33 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "11/23/2017 8:31:33 AM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"

Activate
Go to PC s



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

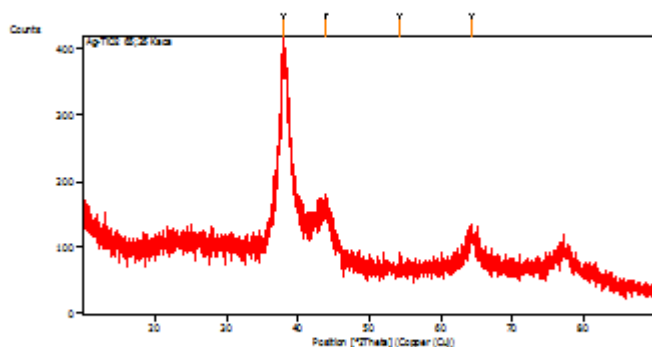
This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

| | |
|--|--|
| Dataset Name | Ag-TiO2 65;35 Kaca |
| File name | E:\DATA PENGULAN\Pembimbing\P. Agung P\Airangga\22 |
| Nov\Ag-TiO2 65;35 Kaca\Ag-TiO2 65;35 Kaca.xrdml | |
| Comment | Configuration=Reflection-Transmission Spinner, Owner=User-1, Creation date=1/15/2016 11:44:36 AM |
| 2Theta:0.001; Minimum step size | Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size Omega:0.001 |
| Minimum step size Phi:0.1 | Sample stage=Reflection-Transmission Spinner PW3064/60; Diffractometer system=XPERT-PRO |
| | Measurement program=C:\PANalytical\Data |
| Collector/Programs/test.xrdmp, Identifier={2E8976FE-46E6-429A-801C-ED791707351C} | |
| Measurement Date / Time | 11/22/2017 7:52:41 AM |
| Operator | Institut Teknologi |
| Raw Data Origin | XRD measurement (*XRDML) |
| Scan Axis | Gonio |
| Start Position [*2Th.] | 10.0084 |
| End Position [*2Th.] | 89.9764 |
| Step Size [*2Th.] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1600 |
| Scan Type | Continuous |
| PSD Mode | Scanning |
| PSD Length [*2Th.] | 2.12 |
| Offset [*2Th.] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2177 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Measurement Temperature [°C] | 25.00 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.39225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffractometer Type | 0000000011119014 |
| Diffractometer Number | 0 |
| Goniometer Radius [mm] | 240.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 100.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |



Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

| Pos. [°2 θ] | Height [cts] | FWHM Left [°2 θ] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|---------------------|--------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 37.9392 | 216.36 | 0.4684 | 2.37163 | 100.00 |
| 43.8910 | 37.28 | 0.6691 | 2.06285 | 17.23 |
| 54.2431 | 11.13 | 0.4015 | 1.69110 | 5.14 |
| 64.3716 | 34.84 | 0.8029 | 1.44732 | 16.10 |

Pattern List: (Bookmark 4)

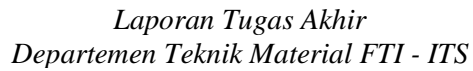
Document History: (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = "Ag-TiO2 65"
- 35 Kaca.xrdml"
- Modification time = "11/23/2017 8:30:37 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"

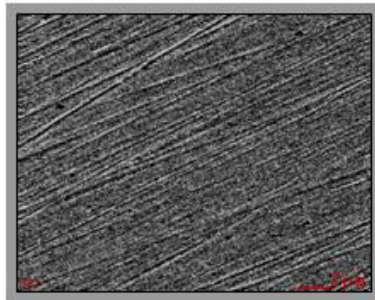


LAMPIRAN

HASIL PENGUJIAN KOMPOSISI DENGAN EDX

EDAX[®] TSL
advanced ProAnalysis software
AMETEK[®]

Prepared by: Your Name Here 11/4/2017





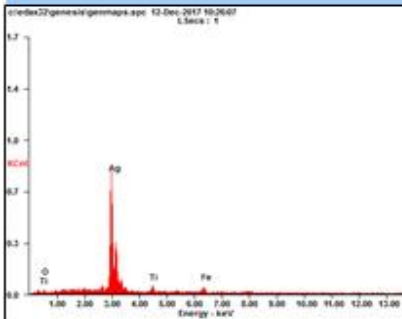
Microanalysis Report

EDAX TM TSL
accelerator
advanced microanalysis solutions
AMETEK

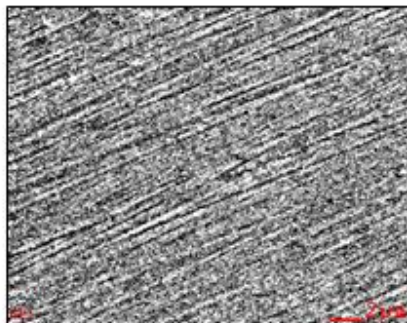
Prepared for: *Company Name Here*

Prepared by: *Your Name Here*

12/12/2017



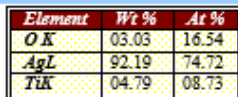
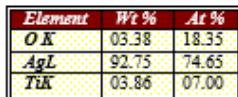
| Element | Wt% | At% |
|---------|------------|-------|
| OK | 03.45 | 17.80 |
| AgL | 86.32 | 66.02 |
| TiK | 04.37 | 07.53 |
| FeK | 05.86 | 08.65 |
| Matrix | Correction | ZAF |





EDAX[™] TSI
advanced microanalysis solutions
AMETEK[®]

Prepared by: Your Name Here 12/15/2017

EDAX IAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE: DEFAULTEDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE: DEFAULT



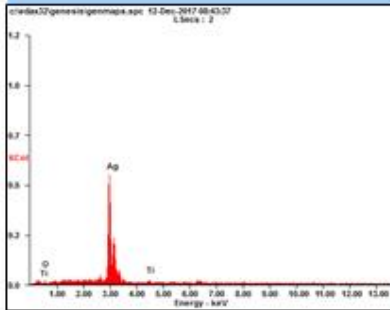
Microanalysis Report

EDAX TSL
advanced microanalysis solutions
AMETEK

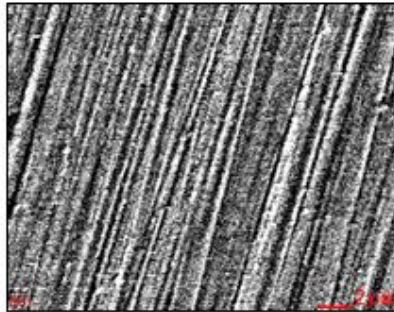
Prepared for: *Company Name Here*

Prepared by: *Your Name Here*

12/12/2017



| Element | Wt% | At% |
|---------|------------|-------|
| OK | 02.34 | 09.64 |
| AgL | 95.82 | 86.75 |
| TiK | 01.52 | 04.21 |
| Matrix | Correction | ZAF |





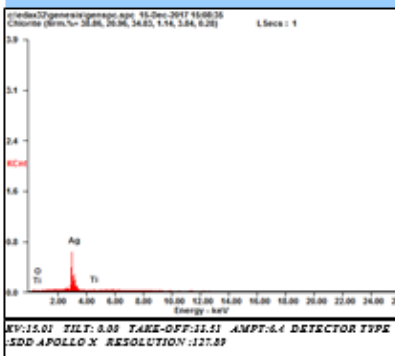
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

Microanalysis Report



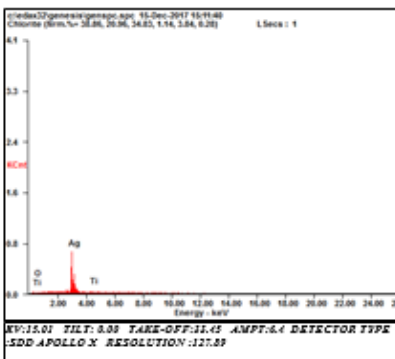
Prepared for: Company Name Here

Prepared by: Your Name Here 12/15/2017



| Element | Wt % | At % |
|---------|-------|-------|
| OK | 01.02 | 06.39 |
| AgL | 97.51 | 90.53 |
| TiK | 01.47 | 03.08 |

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



| Element | Wt % | At % |
|---------|-------|-------|
| OK | 01.12 | 06.93 |
| AgL | 97.02 | 89.20 |
| TiK | 01.87 | 03.86 |

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Airlangga Eka Saputra, lahir di Jakarta pada tanggal 12 Maret 1996 dari ayah bernama Sunaryo dan ibu bernama Ety Kartiwi. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Dalam jenjang pendidikan, penulis telah menempuh pendidikan formal di SD AL-Kamal, SMP N 75 Jakarta, lalu SMA N 78 Jakarta. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Departemen Teknik Material ITS melalui jalur SNMPTN 2014. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan di kampus antara lain menjadi ketua Departemen Media dan Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) ITS, staff Ashabul Kahfi, Staff Indonesian Corrosion Association (INDOCOR) Student Chapter ITS, Panitia GERIGI 2015, Panitia International Conference of Material and Metallurgy, Panitia Silver Parade, dan beberapa kepanitiaan pelatihan di kampus. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan seperti Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar dan Tingkat Lanjut, Pelatihan Manajemen Organisasi HMMT ITS, Pelatihan LKMM TD, dan pelatihan lainnya yang diselenggarakan di kampus. Selain itu, penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Fisika Dasar dan Grader Laboratorium Metalurgi. Penulis pernah melakukan kerja praktik di PT.Krakatau Steel selama satu bulan.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)